

HELSINGIN YLIOPISTO
METSÄTIETEIDEN LAITOS

**Puuviljelmän perustamiskustannukset aridille alueelle –
case ST1-yhtiön Marokon metsityshanke**

Pro gradu -tutkielma

Janne Väisänen

01/2019

Liiketaloudellinen metsäekonomia



Tiedekunta/Osasto Fakultet/Sektion – Faculty Maatalous-metsätieteellinen tiedekunta		Laitos/Institution – Department Metsätieteiden laitos	
Tekijä/Författare – Author Janne Adi Väisänen			
Työn nimi / Arbetets titel – Title Metsän perustaminen aridille alueelle - Viljelmän perustuskustannukset, case St1 Marokon metsityshanke			
Oppiaine / Läroämne – Subject Liiketaloudellinen metsäekonomia			
Työn laji/Arbetets art – Level Pro gradu - tutkielma	Aika/Datum – Month and year 12/2018	Sivumäärä/ Sidoantal – Number of pages 51 + 12 s	
Tiivistelmä/Referat – Abstract <p>Hiilidioksidipäästöjen vähentämisen ohella myös niiden nykytasoon vaikuttaminen hiilinieluilla, on noussut ilmastokeskustelun keskiöön. Maapallon kuivat alueet sisältävät merkittävän hiilensidontapotentiaalin ja alueiden metsävarojen lisääminen voisi toimia yhtenä varteenotettavana osana ilmastokamppailua.</p> <p>Tämän tutkimuksen tavoitteena on ymmärtää maapallon kuivien alueiden metsänviljelyä ja niiden kustannuksia. Tutkimuksen päätavoite on arvioida energiayhtiö St1 Oy:n Marokkoon suunnitteleman kastelulla vahvistetun metsänviljelyhankkeen perustamiskustannuksia. Kustannusarviointi käsittää hankkeen vaatimat viljelmän perustustyöt sekä puuston kastelukustannukset.</p> <p>Kustannuslaskennassa viljelmän perustuskustannukset käsittivät viljelyalueen valmistelun ja kartoituksen, aitaamisen, taimituotannon, maanmuokkaustyöt, istutustyöt ja jälkihoidon sekä muut ylläpitokustannukset. Kastelukustannukset käsittivät kastelujärjestelmän, sen käyttökustannuksen ja merivedestä suolapoistetun kasteluveden kustannukset. Tutkimuksen kustannustarkastelun aikajänne on 0-5 vuotta, olettaen, että kyseinen ajanjakso käsittää investoinnin suurimmat kustannustekijät.</p> <p>Tulosten mukaan St1:n Marokkoon suunnitellun 5 000 hehtaarin metsäviljelmän kokonaiskustannus on noin 39 miljoonaa euroa ja hehtaariohtainen kustannus 7 800 euron luokkaa. Viljelytöiden kokonaiskustannukset olivat yhteensä noin 18 miljoonaa euroa ja kastelun kokonaiskustannus istutusten jälkeiseltä neljältä vuodelta noin 21 miljoonaa euroa.</p> <p>Avainsanat – Nyckelord – Keywords metsittäminen, metsänviljely, viljelmän perustaminen, kustannukset, Marokko, St1,</p>			
Säilytyspaikka – Förvaringställe – Where deposited – e-thesis, Metsätieteiden osasto			
Muita tietoja – Övriga uppgifter – Additional information			



Tiedekunta/Osasto Fakultet/Sektion – Faculty Faculty of Agriculture and Forestry		Laitos/Institution – Department Department of Forest Sciences	
Tekijä/Författare – Author Janne Adi Väisänen			
Työn nimi / Arbetets titel – Title Afforestation in arid regions - Establishment costs of the St1 Forest Project in Morocco			
Oppiaine /Läroämne – Subject Forest economics			
Työn laji/Arbetets art – Level Master's thesis	Aika/Datum – Month and year December 2018	Sivumäärä/ Sidoantal – Number of pages 51 + 12 p	
Tiivistelmä/Referat – Abstract <p>Reducing global carbon dioxide emissions is one of the main targets in the fight against climate change. Forests are important carbon pools and the arid regions of the world hold a great carbon sequestration potential. Dryland afforestation could play a considerable part in climate change mitigation.</p> <p>The aim of this study is to understand plantation forestry and the costs of afforestation work in arid and semi-arid regions. The main objective of the study is to estimate the establishment costs of 5,000-hectare irrigated forest plantation in Morocco, planned by the Finnish energy company St1.</p> <p>The plantation establishment costs are consisted of labor factors, such as preparing and mapping the cultivated area, fencing, seedling production, tillage, planting and aftercare, and other maintenance operation. The irrigation cost consist of developing the irrigation system, operation and maintenance costs and the price of desalinated seawater used in the plantation. The research timeframe was set to be from 0 to 5 years, assuming that this period covers the major cost factors of the plantation establishment.</p> <p>According to the results, the total establishment cost of the St1's 5000-hectare forest plantation, planned in Morocco, is estimated to be approximately EUR39 million and the cost per hectare around EUR 7800. The total cost of cultivation is estimated to be about EUR 18 million and the total cost of irrigation in the first four years are around EUR 21 million.</p>			
Avainsanat – Nyckelord – Keywords Forest plantations, afforestation, afforestation costs, establishment costs, irrigation, arid regions			
Säilytyspaikka – Förvaringställe – Where deposited Viikki science library, Department of Forest Sciences			
Muita tietoja – Övriga uppgifter – Additional information			

SISÄLLYSLUETTELO

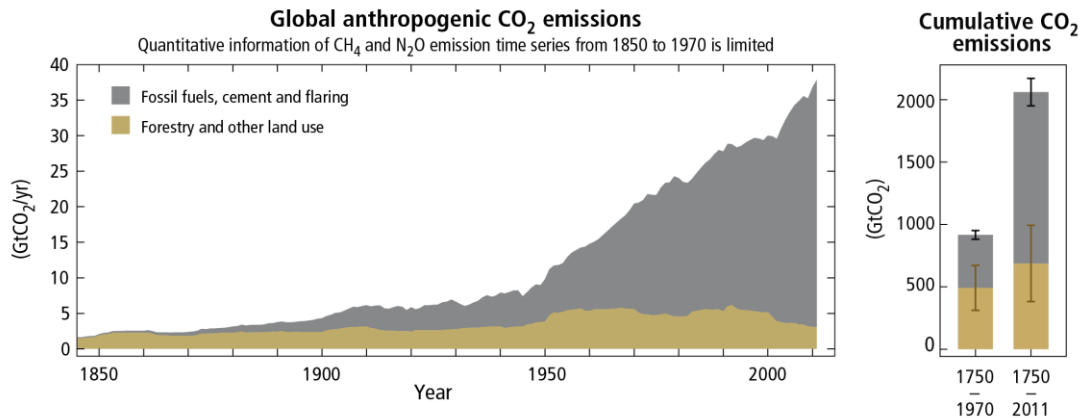
1. JOHDANTO	1
1.1 Tutkimuksen taustaa	1
1.1.1 Ilmastomuutoksen globaalit vaikutukset	1
1.1.2 Maapallon metsät hiilen lähteenä, varastona ja nieluna	2
1.1.3 Ilmastokeskustelun keskiössä - metsien hiilinieluaajattelun laajentaminen maapallon kuiville alueille	5
1.2 Tutkimuksen tavoitteet ja tutkimuskysymykset	6
2. METSÄNVILJELY KUIVILLA ALUEILLA	8
2.1 Aridien alueiden ominaispiirteet metsänviljelyn näkökulmasta	8
2.1.1 Kuivuusluokat	8
2.1.2 Kasvuolosuhteiden asettamat haasteet ja lajikohtainen sopeutuminen	9
2.2 Metsittämisen tavoitteet ja sosio-ekonomisten tekijöiden huomioiminen	11
3. METSITYSKETJUN VALINTA JA KÄYTÄNNÖN-MENETELMÄT ARIDEILLA ALUEILLA	13
3.1 Puulajien alueellinen soveltuvuus ja esimerkkilajikkeet	14
3.2 Metsän uudistamisen käytännönmenetelmät	17
3.2.1 Maaperän muokkaaminen	17
3.2.2 Kylvö ja istuttaminen	19
3.2.3 Jälkihoito	20
3.2.4 Lannoitteet ja keinokastelu	21
4. AINEISTO JA MENETELMÄT	24
4.1 Aineiston esittely	24
4.2 Viljelmän perustustyöt ja niiden kustannustekijät	26
4.2.1 Työvaiheet	27
4.2.2 Pinnamuotojen vaikutukset	27
4.2.3 Maaperän kovuusluokat	28
4.2.4 Työnimikkeet ja niiden soveltuvuudet ympäristön mukaan	28
4.2.5 Rakennusmateriaalin saatavuus alueella ja kuljetusetäisyydet	29
4.2.6 Jälkihoidolliset ja ylläpidolliset toimet	30
4.3 Kastelun kustannukset	30
4.4 Kustannuslaskenta	31
4.5 St1 metsänviljelyhankkeen lähtötiedot kustannuslaskentaa varten	33
5. TULOKSET	35
5.1 Viljelmän perustustyön kustannukset	35
5.1.1 Työn vuotuiset kustannukset	35
5.1.2 Viljelyhankkeen työvaiheiden kokonaiskustannukset	37
5.2 Kastelun kustannukset	38
5.3 Hankkeen kokonaiskustannukset	39
6. TULOSTEN TARKASTELU	41
7. JOHTOPÄÄTÖKSET	44
LÄHTEET	46
LIITTEET	52

1. JOHDANTO

1.1 Tutkimuksen taustaa

1.1.1 Ilmastonmuutoksen globaalit vaikutukset

Ilmastonmuutos on yksi ihmiskunnan suurimmista ja vakavimpina pidetyistä tämän hetkisistä ongelmista. Se aiheuttaa ympäristötuhoja sekä inhimillistä kärsimystä maailmanlaajuisesti ja sen vastatoimet vaativat kansainvälistä yhteistyötä. Ilman ilmastonmuutosta hillitseviä kasvihuonekaasuja koskevia toimenpiteitä, maapallon ilmakehän lämpötilan uskotaan nousevan entisestään. Vaikka kasvihuonekaasujen kehitystä ei voida varmuudella tietää, voidaan niille antaa erilaisia arvioita. IPCC:n (Intergovernmental Panel on Climate Change) päästöskenaarioiden mukaan maapallon lämpötilaa nostavien ihmisten aiheuttamien kasvihuonekaasujen määrä ilmakehässä on noussut merkittävästi. Ensisijaisesti fossiilisten polttoaineiden käytöstä, mutta myös maankäytön muutoksista johtuen, viimeisimpien arvioiden mukaan hiilidioksidin (CO₂) määrä ilmakehässä on tätä nykyä 40 prosenttia suurempi mitä se oli ennen teollisen aikakauden alkua (Kuva 1). Ihmiskunnan tähänastisten tuotettujen hiilidioksidipäästöjen kokonaismäärä on noin 555 gigatonnia ja kokonaismäärästä noin puolet vaikuttaa edelleen ilmakehässä. Vastaavasti pääosin maataloudesta aiheutuvien kasvihuonekaasujen osalta, metaanin (CH₄) pitoisuus on kasvanut 150 prosenttia ja dityppioksidin (N₂O) määrä 20 prosenttia. (IPCC 2013, IPCC 2014)



Kuva 1. Ihmisen aiheuttaman hiilidioksidin määrän kehitys ilmakehässä vuodesta 1850-2011. Lähde: IPCC 2014.

Globalisoituneessa maailmassa ongelmat ja haasteet ovat usein yhteisiä ja ilmastonmuutoksella on ympäristöongelmien lisäksi syy-seuraussuhteita ihmiskunnan muihinkin haasteisiin, kuten talouskehitykseen sekä maiden välisiin kehitysyhteistyökysymyksiin. Myös ilmastopakolaisuus nähdään yleisesti yhtenä tulevaisuuden haasteista, vaikkakin tutkimusten mukaan sen toteutumista ja mittakaavaa on vaikea ennustaa. The World Bank:in raportissa ilmastonmuutoksesta johtuvat pitkäaikaisten säähäiriöiden aiheuttamat ongelmat ovat yhteydessä ihmisten muuttovirtaan, mutta että paineet heijastuisivat pääosin muuttoliikkeisiin maiden sisällä (Raleigh ym. 2008). IOM:n (International Organization for Migration) mukaan mm. ilmastonmuutoksen aiheuttamat ruoantuotannolliset ongelmat sekä tautien lisääntyminen tulevat lisäämään massamuuttoa maiden sisällä, mutta myös kansainvälisesti (Kniveton ym. 2008 s. 55).

1.1.2 Maapallon metsät hiilen lähteenä, varastona ja nieluna

Noin kolmasosa maapallon pinta-alasta on metsän peitossa. Metsäpinta-alan vaihtelua tapahtuu kaiken aikaa metsän luontaisen uudistumisen, metsänviljelyn ja metsäkadon myötä. Vaikka maailman metsävarat ovat vähentyneet useita vuosikymmeniä, on niiden häviämisenopeus kuitenkin hidastunut. YK:n elintarvike- ja maatalousjärjestö FAO:n (engl. Food and Agriculture Organizations) arvioiden mukaan maapallon metsäpinta-ala laskenut vuosien 1990-2015 välillä 4128 miljoonasta hehtaarista 3999

miljoonaan hehtaariin. Viljellyn metsäalueen pinta-ala nousi tarkasteluajanjaksolla 105 miljoonalla hehtaarilla, mutta tästä huolimatta metsäpinta-alan nettohävikki käsittää noin Etelä-Afrikan kokoisen alueen, 129 miljoonaa hehtaaria. (FAO 2016a)

FAO:n (2016a) raportin 25 vuoden tarkasteluajanjaksolla metsäkadon myötä maapallon metsien biomassaan sitoutuneen hiilen määrä laski 11 gigatonnilla. Ihmiskunnan aiheuttaman hiilidioksidimäärän kokonaisarvioon verrattuna määrä voi vaikuttaa vähäiseltä, mutta metsäkadolla on myös hiilen ilmakehään vapauttavia vaikutuksia. Arviolta kolmasosa ihmistoiminnan seurauksena ilmakehään vapautuneista hiilidioksidipäästöistä on peräisin maankäytön muutoksista, jossa metsää on raivattu mm. pelloiksi ja laidunmaiksi ruoantuotantoa varten sekä pois infrastruktuurin rakentamisen alta (Rantala ym. 2018). Trooppisten alueiden (etenkin Etelä-Amerikan ja Afrikan alueilla, ks. FAO 2016a s.3) metsäkadon pysäyttämiseen liittyy vankka pyrkimys, sillä alueella tapahtuva metsien häviäminen ja maankäytön muutokset aiheuttavat merkittäviä hiilipäästöjä vuosittain (Ollikka 2005).

Pelkästään tropiikin alueilla metsäkadon sekä metsien tilan heikkenemisen pysäyttämällä voitaisiin vähentää päästöjä noin 3 Gt vuodessa. Myös metsänviljely nähdään keskeiseksi keinoksi maankäyttösektorin muuttamiseksi hiilinieluksi, sillä metsittämisen hiilensidontapotentiaalin uskotaan olevan 3-10 Gt vuosiluokkaa (Rantala 2018).

Metsävarojen häviämisenopeuden hidastumisesta huolimatta metsiin liittyvien haasteiden uskotaan kasvavan lähitulevaisuudessa. Maapallon olisi ennusteiden mukaan kyettävä ruokkimaan yhdeksästä kymmeneen miljardia ihmistä vuoteen 2050 mennessä ja ruoantuotannon tarpeen uskotaan nousevan tänä aikana 50 prosentilla (Euroopan komissio 2011, FAO 2018). Metsävaroista on jatkuva maailmanlaajuinen pula ja etenkin väkirikkaissa maissa, kuten Kiinassa ja Intiassa, metsiä kohtaan asettuu erityisiä paineita (Rantala ym. 2018). Myös kehitysmaiden osalta metsäalueiden käyttöön liittyvä tilanne on pulmallinen, sillä polttopuu toimii usein köyhimpien maiden pääasiallisena energianlähteenä. Vuosien 1990-2015 välillä eniten

alkuperäismetsävarojaan menettäneistä 15 raportoineesta maasta 13 oli kehittyviä valtioita (Morales-Hidalgo ym. 2015, s. 74). Polttopuun osuus maailman puumateriaalin kokonaiskulutuksesta on noin 50 prosentin luokkaa ja köyhemmissä maissa polttopuun osuus puunkulutuksesta vaihtelee 86-93 prosentin välillä, korkean tulotason maissa osuuden jäädessä vain 17 prosenttiin (FAO 2015, s. 34). Kiihtyvän väestönkasvun myötä metsämaan hyödyntämistapoihin ja metsävaroihin liittyvien kysymysten painoarvo kasvaa entisestään, etenkin juuri matalan tulotason maissa, joissa tälläkin hetkellä elää yli 800 miljoonaa ihmistä köyhyyden ja nälän keskellä (FAO ja ITPS 2018).

Metsien ekologinen, sosiaalinen ja taloudellinen merkitys kestäväälle kehitykselle ymmärretään laajasti kansainvälisessä politiikassa, sillä metsien kestäväällä käytöllä, hoidolla ja suojelulla voidaan edistää lähes kaikkien kestävä kehityksen tavoitteiden saavuttamista. Globaalit megatrendit ja niiden muutosvoimat, kuten väestönkasvu, keskiluokkaistuminen, kaupungistuminen ja kulutustapojen muutokset, määrittävät maailman metsien tulevaa kehitystä. (Rantala 2018)

Maapallon metsäkato on pääasiassa tropiikista ja kehitysmaista peräisin oleva ongelma, ja vaikka kestävään metsänhoitoon tähtäävät järjestelmät ovat olleet pitkään tiedossa, ei tietämykselle ole ollut kehitysmaissa juurikaan käyttöä. Metsien tulevaisuutta ohjaavat metsätalouden ulkopuoliset tekijät, kuten esimerkiksi trooppisten metsien osalta puun kansainvälinen kauppa. Metsätalouden ulkopuoliset voimat kykenevät säilyttämään metsiä, mikäli metsien merkitys nähdään kansainvälisesti, että paikallisesti säilymistä suosivalla tavalla. Toisin sanoen metsät säilyvät vasta silloin, kun säilymisen arvo on tarpeeksi suuri muihin mahdollisiin maankäyttömuotoihin verrattuna. Arvo määräytyy myytävien palveluiden ja tuotteiden myötä, kuten esimerkiksi biodiversiteetin säilymisestä tai ilmakehän hiilidioksidin sitomisesta, mutta jotta arvolle muodostuisi todellinen pohja, tulisi niistä olla valmis maksamaan. Metsäkadon ehkäisemiseksi tuotteista ja palveluista saadut tulot tulisi myös kohdentua siten, etenkin kehitysmaiden osalta, että niistä hyötyvät nimenomaa paikalliset asukkaat. (Luukkanen 2006)

1.1.3 Ilmastokeskustelun keskiössä - metsien hiilinieluaajattelun laajentaminen maapallon kuiville alueille

Hiilidioksidipäästöjen vähentämiseen tähtäävä ja sitoutunut kehitys on ymmärrettävästi tärkeä osa ilmastokamppailua. Ilmastomuutokseen liittyvä keskustelu on parhaillaan hyvin vilkasta, eikä aihetta seuraamalla voi välttyä tutkimusalan skeptiseltä suhtautumiselta siihen, kykeneekö kansainvälinen ilmastopolitiikka toimillaan reagoimaan muutoksiin vaadittavalla aikataululla. Pariisin ilmastopöytäkirja on viimeisin hyväksytty kansainvälinen sopimus ja sen tavoitteena on vahvistaa maailmanlaajuisia toimia, joilla lämpötilan nousu kyettäisiin kestävän kehityksen mukaisesti rajaamaan 1,5 celsiusasteeseen esiteolliseen aikaan suhtautettuna (United Nations 2015). Sopimukseen sitoutuneiden maiden lyhyen ajan toimet ja tavoitteet päästövähennysten saavuttamiseksi saattavat kuitenkin olla riittämättömiä (Schleussner ym. 2016).

Hiilidioksidipäästöjen vähentämisen ohella myös niiden nykytasoon vaikuttaminen hiilinieluilla, on noussut ilmastokeskustelun keskiöön. Muun muassa IPCC:n (2013) skenaarioiden mukaan ilman hiilidioksidin keinotekoisia poistamista ilmakehästä, ihmiskunnan tuottamasta hiilidioksidista 15-40 prosenttia vaikuttaisi ilmakehässä vielä tuhannen vuoden kuluttua. Fossiilisten polttoaineiden rajoituksilla, hiilidioksidin päästökaupalla tai muilla ilmastopolitiikan sopimuksilla kyetään hidastamaan ilmaston lämpenemistä, mutta ilmakehän hiilidioksidimäärän nykytasoon toimilla ei ole merkitystä. Teollisen vallankumouksen jälkeen ilmakehään sitoutuneen hiilidioksidin määrä on kasvanut merkittävästi ja sen poistaminen vaatii laajamittaisia toimenpiteitä. IPCC:n tuoreimman raportin mukaan metsät tulevat olemaan keskeisessä asemassa ilmaston lämpenemisen hillinnässä (IPCC 2018). Kuivilla ja entuudestaan paljailla alueilla toteutettu metsänviljely voisi olla puuston ja sen hiilensidontakyvyn myötä eräs vartenotettava aspekti ilmaston lämpenemisen ehkäisemiseen tähtäävässä työssä. Alueille tyypilliset kuumat ja vähäsateiset olosuhteet sekä taantunut maaperä asettavat haasteita metsänviljelylle, mutta oikeanlaisilla viljelymenetelmillä ja ilmastoon soveltuvilla puulajivalinnoilla voidaan saavuttaa hyviäkin viljelytuloksia (Boydak ja Çalişkan 2015 s. 29). Myös kuivien

alueiden metsänviljelyn hiilensidontapotentiaali on ilmeinen. Esimerkiksi Afrikassa toteutettujen 15 hiilensidontaan tähtäävän metsitysprojektin on arvioitu varastoivan 26,85 miljoonaa tonnia hiilidioksidia ilmakehästä (Jindal ym. 2008). Becker ym. (2013) tutkimuksen mukaan kuivilla ja kuumilla rannikkoalueilla toteutettu pensasmaisen *Jathropha curcas* kasvin viljelmä kykenisi kastelun tuella varastoimaan hiilidioksidia ilmakehästä 17-25 tonnia hehtaaria kohden vuodessa.

1.2 Tutkimuksen tavoitteet ja tutkimuskysymykset

Olen halunnut Pro gradu -tutkielmani johdannossa avata metsien yhteyttä ilmastonmuutokseen sekä metsien mahdollisuuksia ilmastonmuutoksen hillinnässä. Sanotaan, että media peilaa maailmaa ja kotimainen, mutta myös kansainvälinen media pursuaa ilmastouutisia, mikä itsessään vahvistaa aiheen koettua tärkeyttä ihmisten keskuudessa. Myös tiedepiireissä aihe on jatkuvasti pinnalla ja ilmastonmuutokseen liittyvä tutkimus vilkasta.

Kuten johdannossa todettu, metsien pinta-alalla sekä kunnolla on vaikutus hiilidioksidin sitomiseen ja varastoitamiseen ilmakehästä. Metsäpinta-alaan ja metsän hyvinvointiin voidaan vaikuttaa mm. metsäkadon ehkäisyllä, metsien kunnostamisella sekä metsänviljelyllä, ja tämän tutkimuksen tarkoitus on keskittyä kuivien alueiden metsänviljelyyn. Tutkimuksen teoriaosuus keskittyy metsänviljelmän perustamiseen kuivalle ja köyhtyneelle maaperälle, jolla ei entuudestaan kasva juurikaan muuta kasvillisuutta. Teoriaosuuden tavoitteena on ymmärtää maapallon kuivilla alueilla toteutettavan metsänviljelyn asiakokonaisuuksia, ja tämän osalta ympäristö, ihmiset sekä ilmasto-olosuhteiden asettamien haasteiden tarkastelut ovat tutkimuksessa vahvassa esillä. Ilmastossa käytetyt metsittämisen käytännön toimet sekä olosuhteiden asettamat rajoitteet puulajivalintojen osalta ovat erityisessä tarkastelussa.

Tämä Pro gradu -tutkimus toteutetaan yhteistyössä energiayhtiö St1 Oy:n kanssa. St1 tutkii parhaillaan Marokon Ben Guiriin perustamallaan pilottiviljelmällä kuivassa ja kuumassa ilmastossa pärjäävien puulajien hiilensidontakykyä. Yritys on suunnitellut Marokkoon 5000 hehtaarin hiilensidontaan tähtäävän viljelmän perustamista ja tämän tutkimuksen on tarkoitus toimia suunnittelutyön sekä hankkeeseen liittyvän muun

tutkimuksen tukena. Tutkimuksen pääasiallinen tavoite on selvittää kuivan alueen metsittämisen kustannustekijöitä ja niiden valossa luoda kustannusarvio suunnitteilla olevalle metsänviljelyhankkeelle.

Metsittämistä on tehty ja tehdään edelleenkin ympäri maapalloa, erilaisissa ilmastoissa ja vaihtelevin metodein, mutta metsän perustustöiden taloudellisia lukuja ei löydy julkisista lähteistä. Erityisesti kuivalla alueella toteutettujen metsänviljelyhankkeiden, projektien ja tutkimusten taloudelliset tiedot puuttuvat.

1.2.1 Tutkimuskysymykset

Hankkeen kustannusarviointia varten tämä tutkimus keskittyy asiakokonaisuuksien ymmärtämiseen ja pyrkii tiedon valossa rakentamaan raamit kustannukselliselle tarkastelulle. Kustannusarvioinnin mahdollistamiseksi tutkimuksen teoriaosuudessa pyritään kuivan alueen metsänviljelyn kokonaiskuvan hahmottamiseen. Pro gradu - tutkielmani pyrkii julkisen saatavilla olevan tutkimustiedon valossa vastaamaan seuraaviin tutkimuskysymyksiin:

- Mitkä ovat kuivien alueiden metsittämisen onnistumiseen vaikuttavat tekijät?
- Mitä puulajeja hankealueen ilmastossa voisi hyödyntää?
- Mitä käytännön toimia hanke sisältää?
- Mitkä olisivat Marokkoon suunnitellun 5000 hehtaarin hiilinieluviljelmän perustamiskustannukset?

2. METSÄNVILJELY KUIVILLA ALUEILLA

2.1 Aridien alueiden ominaispiirteet metsänviljelyn näkökulmasta

Kuivien alueiden pinta-ala kattaa noin 41 prosenttia maapallon maapinta-alasta. Tyypillisesti nämä arideiksi kutsutut alueet ovat paljaita tai niillä on vain vähän kasvillisuutta, maaperän laatu on heikentynyttä ja eroosioherkkää ja vallitseva ilmasto on vähäsateisuuden sekä korkeiden lämpötilojen myötä varsin ankara. Kuivat alueet ovat lisäksi herkkiä olosuhteiden muutoksille. Maaperän taantuminen on pääosin ihmistoiminnasta, kuten ylilaiduntamisesta, maataloudesta sekä metsän hävittämisestä johtuvaa ja alueelliseen maankäyttöön liittyvät ratkaisut saattavat johtaa pahimmillaan jopa aavikoitumiseen. (UNCCD 2017, s. 246-247)

Metsittämisellä on merkittävä positiivinen vaikutus kuivilla alueilla tyypillisesti heikentyneeseen maaperään, sillä metsänviljelyn myötä saavutettu kasvillisuus vahvistaa ympäristöä, turvaa maaperää eroosiolta sekä tukee alueen puhtaan veden resursseja (Siyag 2014, s. 5). Metsät ja puut ovatkin olleet aridien alueiden maan tuottokyvyn perusta ja niillä on ollut positiivisia vaikutuksia myös ruoantuotannolliseen viljelyyn (Luukkanen 2012). Kuivilla alueilla asuu noin 2,7 miljardia ihmistä ja määrän uskotaan nousevan neljään miljardiin vuoteen 2050 mennessä (UNCCD 2017, s. 120). Väestön kasvun myötä entuudestaan rajoittuneisiin elintärkeisiin resursseihin, kuten veteen ja ruokaan, kohdistuu yhä suurempia paineita. Paikallisilla ihmisillä on usein heikko taloudellinen asema ja vähän poliittisia vaikutuskeinoja, ja siksi metsänviljelyhanketta suunniteltaessa on tärkeää huomioida sen paikalliset ekologiset, taloudelliset, sosiaaliset sekä poliittiset merkitykset sekä vaikutukset (Evans ja Turnbull 2004). Mikäli esimerkiksi maan vaihtoehtoinen käyttömuoto tai puumateriaalin tarve polttopuuksi nähdään paikallisella tasolla metsien tuottokykyä suuremmaksi, voi se johtaa jopa istutusmetsän täydelliseen tuhoutumiseen (Luukkanen 1984, s. 88).

2.1.1 Kuivuusluokat

Maapallon ilmastoalueita jaotellaan eri tavoin ja kuivien alueiden osalta määritelmään vaikuttavat luontaisen kasvillisuuden esiintyminen alueella, lämpötila sekä ilmaston vuodenaikaisvaihtelut (Erikkilä 1989). Yhdistyneiden kansakuntien ympäristö-ohjelman, UNEP, käyttämä kuivuusindeksi määrittelee ilmaston kuivuutta sadannan sekä kokonaishaihdunnan suhdeluvulla. Indeksillä toteutetaan kaavaa P/PET , jossa P (precipitation) kuvaa vuotuista sadantaa ja PET (potential evapotranspiration) potentiaalista kokonaishaihduntaa.

UNEP jakaa kuivat alueet neljään eri luokkaan kuivuusindeksin mukaan (FAO 2016b):

<u>Luokka</u>	<u>Kuivuusindeksi (P/PET)</u>
Erittäin aridinen	$< 0,05$
Aridinen	$0,05 - 0,20$
Semiaridinen	$0,20 - 0,50$
Subhumidinen	$0,50 - 0,65$

2.1.2 Kasvuolosuhteiden asettamat haasteet ja lajikohtainen sopeutuminen

Kuivassa ilmastossa potentiaalinen kokonaishaihdunta on sadantaa selvästi suurempi ja kasvillisuuden vedensaanti on rajoittunutta vain tietyille tai muutamalla jaksolle vuodessa. Erittäin arideilla alueilla monivuotisia kasveja on hyvin vähän ja arideillakin alueilla pensaikkoja kasvaa vain harvakseltaan. Vähäistä kasvillisuuden määrää selittää kuivuusindeksi, sillä kuivimmilla, $0,05-0,20$ indeksin metsänviljelyalueilla, haihdunnan määrä voi olla jopa 20-kertainen vuotuisen keskiarvosadantaan verrattuna. Semiaridin ja subhumidin luokan maalla kasvusto saattaa olla aromaista, mutta ruoholla, pensilla ja puilla voi olla näillä alueilla myös luonnonvaraiset edellytykset jatkuvavuotiselle kasvuille. Näillä $0,20 - 0,50$ kuivuusindeksiluvun alueilla haihdunnan suhde sadantaan on kaksin- viisinkertainen. (Erikkilä 1989, UNCCD 2017)

Olosuhteiden keskiarvotiedot eivät ole tehokkaita kuvailemaan biodiversiteetin kohtaamia haasteita arideilla alueilla. Vähäsateisuus sekä sateiden ennalta-

arvaamattomuus ovat tyypillisiä piirteitä kuivilla alueilla ja aiheuttaa kasvillisuudelle erityistä stressiä sekä vaateita olosuhteisiin sopeutumiselle. Ilman kosteusprosentin laskiessa kuiville alueille luonteenomaisen alhaiselle tasolle, sään kaavamaaisessa käyttäytymisessä saattaa olla suuriakin vuositason vaihteluja. Esimerkiksi Jordaniassa 30 vuoden mittausjaksolla vuotuisten sateiden keskiarvo oli 270 millimetrin luokkaa, mutta vuotuiset sademäärät saattoivat vaihdella radikaalisti, aina 50 millimetristä 600 millimetriin. (UNCCD 2017, s. 247)

Kasvillisuuden selviytymisen kannalta tärkeimpänä tekijänä toimii veden saatavuus, mutta kausiluonteisten sateiden ja kuumuuden myötä kasvien menestymiseen vaikuttavaa myös kyky sopeutua vallitseviin olosuhteisiin. Sopeutumiskeinot vaihtelevat lajeittain sekä ympäristön olosuhteiden mukaan. Selviytymiskeino saattaa perustua esimerkiksi kasvin juuristosysteemiin, lehtikokoon tai kykyyn hyödyntää ilmakehän kosteutta (Osman 2013).

Juuriston nopea kasvu edistää tehokasta vedenottoa ja esimerkiksi Afrikassa paikallinen puulaji *Acacia albida* kykenee kasvattamaan juurensa kolmessa vuodessa lähes kymmenen metrin syvyyteen (Erkkilä 1989). Prosopislajit menestyvät hyvin kuivillakin kasvualustoilla, sillä niiden juuret voivat tunkeutua jopa 50 metrin syvyyteen. Toisaalta laaja-alaisesta ja matalasta juuristosta voi olla hyötyä alueilla, joissa sadevesi kosteuttaa pääosin vain maaperän pintaosia (Erkkilä 1989). Vedenottokyvyn lisäksi kuivilla alueilla pärjäävillä lajeilla veden varastoimiskyky sekä vähäinen haihduttaminen ovat myös tärkeitä geneettisiä erikoistumiskykyjä kuivuuteen sopeutumisessa. Pieni lehtikoko, lehtien muoto ja vahapintaisuus sekä rungon kaarnan koostumus, ovat keinoja joilla kasvit ja puut kykenevät säätelemään haihduntaa (Boland ja McDonald 2006, s. 6). Lisäksi jotkin lajit kykenevät varastoimaan vettä rakenteisiinsa kuivien kausien varalle (UNCCD 2017, s. 250).

Kuivilla alueilla kasvualusta sekä tyypillisesti taantunut maaperä asettavat haasteita kasvillisuudelle. Maaperä ja sen ravinteet, kuten typpi, fosfori, kalium, kalsium, magnesium, rikki sekä monet muut hivenaineet, tukevat kasvillisuuden biomassan kasvua (FAO ja ITPS 2015, s. 18). Arideilla alueilla maaperä on usein köyhtynyttä, hapanta, eroosioherkkää ja suolapitoista, mikä vaikeuttaa kasvuolosuhteita entuudestaan (UNCCD 2017, s. 250). Jotkin puulajit selviävät kuitenkin myös

heikentyneen maaperän kasvualustalla. Eukalyptus ja poppeli sekä eräät Acacia- ja Prosopis-sukuiset lajit ovat esimerkkejä puulajeista, jotka kestävät huonokuntoista maaperää melko hyvin, mutta niiden viljelyllä on saatu hyviä tuloksia myös suolapitoisella maaperällä (Jalaskoski 1995, s. 41).

2.2 Metsittämisen tavoitteet ja sosio-ekonomisten tekijöiden huomioiminen

Aridien alueiden metsittäminen sisältää monia tärkeitä vaiheita ja osa-alueita, joiden laiminlyömisellä voi olla viljelyhankkeille kohtalokkaita seurauksia. Metsänhoidon vajavainen toteutus, suunnittelun heikkous sekä metsätalouden sosioekonomisten liittymäkohtien puutteellinen ymmärtäminen ovat usein taustalla kuivilla alueilla toteutetun metsänviljelyn epäonnistumisessa. Myös hankkeiden epämääräiset tavoitteet ovat toimineet joidenkin kansallisten, että kansainvälisten metsityshankkeiden epäonnistumisen taustalla. (Luukkanen 1984, s. 88-89)

Metsän uudistamisessa ja kunnostamisessa kuivilla alueilla, puiden istuttamisella on monia hyötyjä hauraallemme ympäristölle. Puusto luo tuulensuojaa, sitoo maata ja ehkäisee näin tuuli- sekä vesieroosiota, muodostaa muulle viljeltävälle kasvillisuudelle suotuisia varjoja sekä parantaa maiseman esteettisiä arvoja. Myös maanviljelyyn soveltumaton joutomaa voidaan ottaa hyötykäyttöön istuttamalla sille heikentyneen maaperän kestäviä puulajeja. Kuivilla alueilla nämä ovat tärkeitä tekijöitä ja voivatkin toimia metsittämisen pääasiallisena tavoitteena. Muita metsittämisen pyrkimyksiä ovat olleet perinteiset metsästä saatavat eri tavoin hyödynnettävät puutuotteet, mutta myös raaka-aineet ruoan sekä rehun tuotantoon ja lääketieteellisuuden tarpeisiin. (Evans ja Turnbull 2004)

Vaikka aridin alueen metsänviljely on teknisesti vaativaa, menestyksekkääseen metsänviljelyyn löytyy työkaluja ja tehokkaita viljelymenetelmiä (Evans ja Turnbull 2004). Usein kuivilla alueilla toteutetuissa hankkeiden merkittävimpiä ongelmakohtina ovat toimineet paikallisen väestön suhtautuminen metsittämiseen sekä viljeltävän maan omistussuhteeseen ja käyttöoikeuteen liittyvät tekijät (Siyag 2014).

Paikallisväestön tarpeiden huomioiminen on oleellinen tekijä viljelyssä, eikä metsänviljelyä voi toteuttaa irrallaan muusta seudun kehittämistoiminnasta (Luukkanen 1984). Alueilla, joilla väestönpaine on ilmeinen ja karjatalouden merkitys korostunut, metsittäminen saatetaan nähdä negatiivisessa valossa. Viljelyyn käytetyllä maalla on usein ollut jokin aiempi merkitys paikallisille, aluetta on saatettu käyttää esimerkiksi karjan laiduntamiseen ja siitä johtuen metsittämiseen tähtäävän maankäyttömuodon tuominen alueelle saatetaan nähdä loukkaavan paikallisia oikeuksia (Siyag 2014). Negatiivinen suhtautuminen metsityshankkeisiin voi johtua myös siitä, ettei metsän hyötytekijöitä täysin ymmärretä tai taustalla on vääristyneitä käsityksiä hankkeiden tavoitteista. Metsitysprojehtin tavoitteiden sekä käytännötoiminnan tulisi näin ollen olla läpinäkyvää, paikallisille merkityksellisiä sekä konkreettisesti hyödyllisiä (Deininger ym. 2011). Yksi yleinen kuivalla alueella käytetty metsänviljelymenetelmä on peltometsäviljely, jossa puiden rinnalla kasvatetaan ruoantuotannossa käytettäviä hyötykasveja, ja tuotetaan näin hyvinvointia paikallisväestölle.

Metsitysprojehteja tukevaksi käytännöksi on osoittautunut myös sitoa paikalliset ihmiset mukaan viljelyn suunnitteluun sekä toteutukseen, jolloin yhteistyön myötä paljastuneet ongelmat tai epäkohdat on voitu ratkaista yhteisymmärryksessä. Pelkästään viranomaisten valtaan perustuvat pakottavat ohjauskeinot eivät välttämättä ole yhtä tehokkaita hankkeen toteutuksen kannalta, kuin paikallisen yhteisön moraalinen sitoutuminen. (Siyag 2014)

Sitoutumisen kannalta kriittisiksi ongelmakohdiksi ovat muodostuneet myös paikallisten hallintaoikeudet maa-alueita ja kasvavia puita kohtaan. Viljelijöiden kanssa yhteistyössä toteutetuissa metsänviljelyhankkeissa tuottajien suurena huolenaiheena on ollut metsittämiseen uhrautuvien työpanosten hukkaan valuminen, mikäli maan hallintaan sekä puustoon liittyvät omistusoikeudet eivät ole olleet selkeästi määriteltyjä (WRI 2015). Mikäli valtion tai osavaltion maankäyttöpolitiikkaan ja omistussuhteita määrittelevään lakiin liittyy epävarmuuksia, saattaa turvattomuus johtaa metsänviljelyn motivaatioperäiseen tehottomuuteen (Siyag 2014).

3. METSITYSKETJUN VALINTOJEN JA KÄYTÄNNÖN- MENETELMIEN VAIKUTUKSET ARIDEILLA ALUEILLA

Metsillä on moniskaalaisia positiivisia vaikutuksia ympäristöön ja ihmisiin, eritoten kuivien alueiden kehittyvissä valtioissa, joilla ilmasto haastaa kasvuston elinmahdollisuudet, ja joissa ihmiset elävät köyhyyden keskellä. Metsät tukevat luonnon ja ympäristön moninaisuutta, mutta niillä on myös muita tärkeitä hyvinvointivaikutuksia, jotka olisi syytä ottaa mukaan tarkasteluun metsänviljelyä suunniteltaessa. Paikallistasolla metsien tuottamien hyötyjen arvo riippuu pitkälti siitä, kuinka sijoitettujen panosten synnyttämät ekologiset, taloudelliset ja sosiaaliset hyödyt koetaan yhteisöissä (Rollan ym. 2018). Taloudelliset hyödyt ovat melko helposti ymmärrettävissä tuotteiden tai palveluiden arvottamisen myötä, mikä helpottaa esimerkiksi metsäinvestoinnin suunnittelua tuotto-oletuksia ja investointikustannuksia peilaamalla. Metsien ja puiden ympäristövaikutukset, kuten esimerkiksi ilmaston lämpenemistä ehkäisevä hiilensidonta, vesi- ja tuulieroosion kontrollointi, aavikoitumisen torjunta sekä maaperän veden läpäisevyyden ja ravintopitoisuuksien vahvistuminen, ovat hyötytekijöitä, joiden ymmärtämiseen löytyy globaalin sekä paikallistason konkreettista tarttumapintaa. Kestävän metsätalouden toteutumiseksi on kuitenkin tarpeen tarkastella ympäristöllisten ja taloudellisten tekijöiden lisäksi myös sosiaalisia ja kulttuurillisia tekijöitä, joiden laskennallinen tarkastelu sekä vaikuttavuuden arviointi on haastavaa, mutta merkitys paikallisväestölle ilmeinen (FAO 2010). Luukkasen (1984) mukaan Arideilla alueilla sosio-ekonominen haastattelututkimus on yksi vartenotettava keino tarkkojen alueellisten taustatietojen selvittämisessä.

Elämä kuivilla alueilla on epävakaata ja ihmisten sosioekonominen status on huomattavasti heikompi muissa ilmastoissa asuviin ihmisiin verrattaessa (FAO 2016b). Metsät tuottavat puumateriaalin lisäksi monia muita hyödynnettäviä tuotteita, kuten rehua, energiaa, lääkekasveja, luonnonkumia, hartsia, tanniinia, sekä eteerisiä öljyjä (Malagnoux 2007). Metsien ekosysteemipalvelut käsittävät puutuotteet sekä muut, myös hankalasti mitattavat ekologiset, taloudelliset sekä sosiologiset tuotteet ja palvelut, joita metsät ja puut tuottavat ihmiskunnalle, paikallisella kuin kansainväliselläkin tasolla (Rollan ym. 2018). Kuivilla alueilla paikallisen väestön

tarpeita ja monikäyttöarvoja korostettaessa, ruoan-, sekä rehun tuotantoa, hiekan sitomista, eroosion torjuntaa sekä muita tärkeitä paikallishyötyjä edistävät puulajivalinnat ovat erityisessä roolissa metsänviljelyn päätöksentekoa (Jalaskoski 1995, s. 121). Metsätuotteista saatavat tuotot sekä metsän hiilensidontakyky ovat kaksi yleisesti käytettyä tehokkuusmittaria, joilla sosioekonomisia sekä ympäristöllisiä hyötyjä voidaan arvioida, ja näiden kokonaisuuksien summat ovat olleet vahvasti puulajivalinnoista riippuvaisia (Rollan ym. 2018).

3.1 Puulajien alueellinen soveltuvuus ja esimerkkilajikkeet

Metsän perustamista varten puulajivalintaan vaikuttavat mm. viljelyalueen ilmasto, pinnanmuoto, maaperän ominaisuudet sekä puun käyttötarkoitus. Myös laadukkaiden siementen tai taimien saatavuus metsänviljelyä varten ovat olennaisia seikkoja, etenkin mittavilla viljelyaloilla. Puulajivalintoihin vaikuttavia ilmastotekijöitä ovat mm. korkeus merenpinnasta, vuotuinen sadanta, sadekuukausien ja kuivien kuukausien lukumäärät, minimi- ja maksimi lämpötilat sekä hallankestävyys. Puulajien maaperävaatimuksia määrittelevät mm. maan rakenteen karkeus, suolapitoisuus, happamuus ja muut vedenläpäisevyyteen ja liikkeeseen vaikuttavat tekijät. Viljelyä suunniteltaessa on syytä kiinnittää huomiota myös siihen, kuinka lajit kestävät mahdollisia paikallisia tauteja tai tuholaisia. (Härkönen 2001)

Puulajivalintaa tehdessä tulee kiinnittää erityistä huomiota alueen sademäärään sekä minimi- ja maksimilämpötiloihin. Mikäli metsänviljelyssä ei ole tarkoituksena taikka mahdollisuutena hyödyntää kastelua, on lajien kuivuuden kestävyys olennainen tekijä lajivalintoja tehdessä. Jos puolestaan maaperä on pahoin köyhtynyt, on syytä keskittyä puulajeihin, jotka ovat luontaisesti totuneet maaperän alhaisiin ravintopitoisuuksiin. Eritoten typensidontakyvyn myötä lannoitteiden tarvetta vähentävät lajit ovat arvokkaita köyhtyneen maaperän viljelmillä. Alueella entuudestaan pärjäävä kasvillisuus on hyvä aputyökalu lajivalintojen suunnittelussa. (Evans ja Turnbull 2004)

Arideilla metsitysalueilla on käytetty sekä paikallisia että eksootteja puulajeja ja esimerkiksi Afrikassa sekä Lähi-idässä lupaavia luontaisia lajeja ovat olleet mm. monet Akaasialajit, tamariskit, *Balanites aegyptica*, *Azadirachta Indica* ja *Zizyphus-*

suvun lajit. Vierasperäisistä lajeista tärkeimpiä ovat eukalyptukset, eksoottiakaasiat, amerikkalaiset meskitelajit sekä *Casurina equisetifolia*. Pohjois-Afrikassa ja Lähi-idässä on tapahtunut menestyksestä viljelyä myös havupuilla, joista luontaisia lajeja ovat mm. *Pinus halepensis*, *Pinus pinaster*, *Cupressus sempervirens* ja *Juniperus procera*. (Luukkanen 1984, s. 88-89)

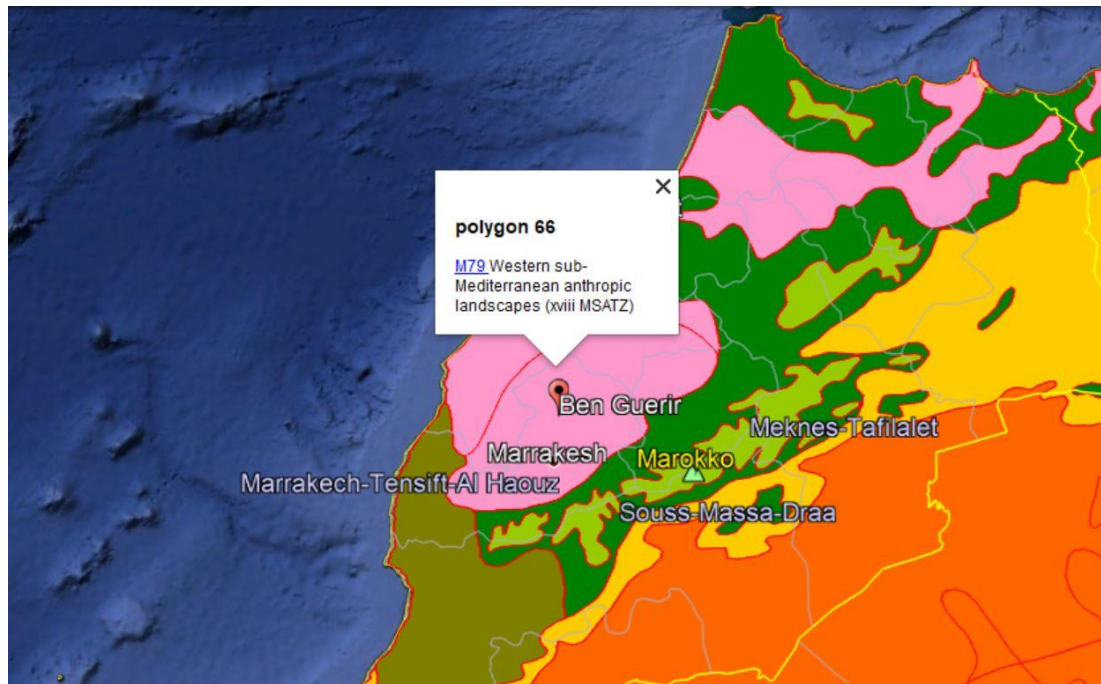
Kuivuuden kestävyyttä priorisoidessa puulajivalinnoissa, Akaasialajit, kuten *A. arabica*, *A. nilotica*, *A. senegal*, *A. seyal* ja *A. tortilis*, ovat osoittautuneet suotuisiksi kuivien alueiden viljelmillä. Amerikan, Afrikan ja Intian semi-aridisilla alueilla useat *Prosopis*-lajit (suom. Meskitet) ovat menestyneet hyvin, kuten *P. glandulosa*, *P. pallida* ja *P. juliflora*. Myös laajamittaisten eukalyptuslajien viljelyssä on onnistuttu kuivilla alueilla, eritoten *E. camaldulensis*, *E. citriodora*, *E. microtheca* ja *E. tereticornis* –lajien osalta. Eukalyptusten etuna on se, etteivät ne kelpaa karjan ravinnoksi ja ovatkin tästä johtuen soveltuneet hyvin mailla, joiden yhteydessä toteutetaan myös karjataloutta. Tosin mainituista eukalyptuslajeista yksikään ei ole menestynyt alle 400mm vuotuisen keskimääräsadannan alueilla ilman kastelujärjestelyjä. Muita maininnanarvoisia kuivuudessa menestyneitä lajeja ovat olleet *Azadirachta indica*, *Parkinsonia aculeata*, *Senna niamea*, *Tamarix aphylla* ja *Conocarpus lancifolius* ja *Acacia* spp. Metsänviljelyä toteutettaessa kuivilla ravintoköyhillä mailla, on köyhtyneen maaperän eheyttämisestä positiivisia tuloksia lajien *Faithertia albida*, *Acacia auriculiformis* ja *Acacia campylacantha* osalta. Typpeä sitovista lajeista mm. *Acacia spirobis* ja *Casuarina collina* ovat kasvaneet hyvin. Puolestaan alhaisen fosforipitoisuuden maaperällä *Grevillea pteridifolia* on hyviä viljelytuloksia. (Evans ja Turnbull 2004, s. 365-375)

Kuivilla alueilla kastelulla tehostetuilla hiilinieluviljelmillä ovat menestyneet muun muassa puulajit, kuten *Acacia saligna*, *Azadirachta indica*, *Eucalyptus camaldulensis*, *Eucalyptus microtheca*, *Moringa oleifera*, *Pongamia pinnata* ja *Jatropha curcas*. Vastaavasti pensaiden sekä pienempien ruoko- ja heinäkasvien osalta hiilinieluviljelmille soveltuvia lajeja ovat mm. *Prosopis cineraria*, *Ricinus communis*, *Simmondsia chinensis*, *Arundo donax* ja *Miscanthus x giganteus*. (Becker ym. 2013)

Puuston hiilensidonnan määrään voi vaikuttaa istutustiheyksillä sekä valitsemalla nopeakasvuisia puulajeja, sillä niiden hiilensidontakyky on hidaskasvuisia lajeja suurempi biomassan nopean lisääntymisen myötä (Dutca ym. 2009).

Arideilla alueilla on yleistä, että metsitys toteutetaan ruoantuotantoon tähtäävän viljelyn ohella peltometsänviljelynä. *Leucaena leucocephala* (lyijypuu) on hernekasvien heimoon kuuluva peltometsänviljelyyn soveltuva laji (Evans ja Turnbull 2004, s. 366). Muita peltometsäviljelyyn soveltuvia lajeja ovat mm. nopeakasvuiset poppelit, kuumuutta ja kylmyyttä kestävä *Phoenix dactylifera* (taatelipalmu) sekä erityisesti rehuksi soveltuva *Acacia cyanophylla* (Jalaskoski 1995).

Puulajivalintoja varten Internetistä löytyy hyödynnettäviä vapaapääsyisiä tietopankkeja. Yksi hyvä Afrikan maihin sovellettava ohjelmisto on World Agroforestry Centren sekä Forest and Landscape Denmark, UNEP-GEF:in alaisuudessa vuonna 2012 rakennettu Useful Tree Species for Africa, version 1.1. Työkalu perustuu useisiin tiedealan lähteisiin sekä datapankkeihin ja mahdollistaa käyttäjää hakemaan koko Afrikan alueelta soveltuvia puulajeja Google Earth -karttaohjelmistoa ja sinne ladattavaa Species Selector -lisäosaa hyödyntäen. Useful tree species for afrika -työkalu jakaa Marokon yhdeksään eri alueeseen ja tarjoaa 177 alueelle luonnonvaraisesti soveltuvaa puu- sekä muuta kasvillisuutta käsittävää lajia (Liite 1). Kuvassa 2 on korostettu tutkimuskohteen Ben Guerir -alue (M79), jonne työkalu suosittelee lajeja: *Acacia saligna*, *Ziziphus lotus*, *Acacia gummiifera*, *Pinus halepensis* ja *Quercus ilex*. (Kindt ym. 2011)



Kuva 2. Useful tree species for africa -työkalun jakamat kasvillisuusalueet Marokossa (Kindt ym. 2012).

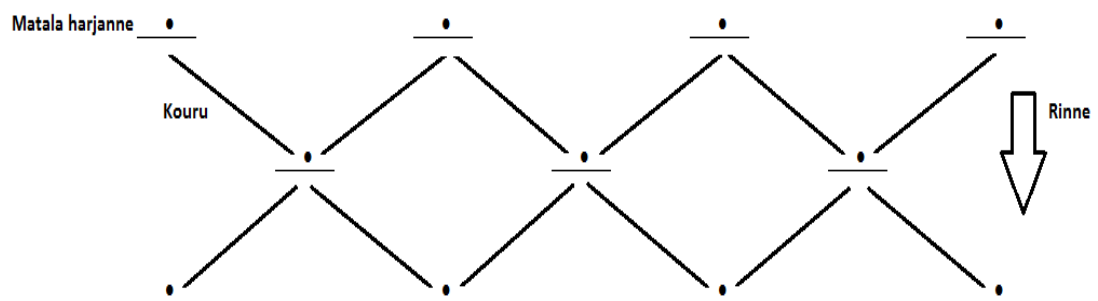
3.2 Metsän uudistamisen menetelmät

Kuivan alueen metsänviljelyyn liittyy monia resurssiperäisiä rajoitteita. Ilmaston myötä vedensaanti ei ole itsestään selvyyttä ja köyhän maaperän myötä viljelmien ravinteiden saatetaan joutua tehostamaan. Metsänviljelyn suunnittelu on ehkäpä tärkein vaihe koko metsänuudistamisesta ja toiminnan kannalta on tärkeä ymmärtää viljelyyn liittyvät ekologiset, taloudelliset ja sosiaaliset tekijät, sekä rajoitteiden monisäikeisyys, joita mm. alueen ilmasto, yhteiskuntarakenteet sekä lainsäädäntö saattavat asettaa. Metsänviljelyn onnistuminen riippuu vahvasti puiden menestymisestä alueella, johon oikeanlaiset menetelmät ja toimenpiteet ovat omiaan vaikuttamaan. Kaikki ne viljelyssä käytetyt toimet, jotka lisäävät puuston selviytymismahdollisuuksia ja parantavat niiden kasvuolosuhteita, heijastuvat positiivisesti myös viljelyn lopputulokseen, oli kyse sitten puumateriaalin raaka-aineeksi tähtäävästä toiminnasta tai hiilensidonnasta.

3.2.1 Maaperän muokkaaminen

Arideilla alueilla yksi maaperän muokkaamisen päätavoitteista on kasvillisuuden veden saannin passiivinen lisääminen, joko ohjaamalla sadantaa istutuksille, vahvistamalla veden imeytymistä maaperään tai parantamalla veden varastoitumista viljelyalueella (Evans ja Turnbull 2004, s. 367). Myös maaperän ilmavuuden lisääntyminen saattaa olla kasvillisuudelle eduksi (Çalışkan ja Boydak 2017). Maanmuokkauksella on myös suuri vaikutus puiden juuriston kehitykseen ja muokkausmenetelmät, kuten kyntö, laikutus tai istutuskuoppien kaivaminen, ovat monesti välttämättömiä toimenpiteitä, eritoten kovilla lateriittimailla viljeltäessä (Erkkilä 1989, s. 18). Kuivilla muokkaamattomilla mailla istutuskuopalla voidaan edistää myös taimien juuriston levittäytymistä. Mitä kuivemmista olosuhteista kyse, sitä suuremman istutuskuopan tulisi olla (Jalaskoski 1995, s. 97)

Muokkausmenetelmiä tulee soveltaa maapohjan mukaan. Tasamaalle ja peltokasvien kanssa viljeltäessä menetelmäksi soveltuu kolmen metrin välein toteutettu auras, jossa puut ja pensaat istutetaan palteille ja peltokasvien vakoihin. Mäkisillä istutusmailla ojitus on sopiva menetelmä, joko jatkuvina tai kuvan 3 kalanruotomallisina lyhyinä kouruina. Jyrkillä paljailla rinteillä veden virtauksen hidastamiseen sekä keräämiseen soveltuvat yleensä 2-3 metrin leveät penkereet. Pengerrys voi jatkua satoja metrejä, mutta ne olisi katkaistava noin neljän metrin välein, jotta vesi pääsee valumaan myös alemmille penkereille. Oikean muokkausmenetelmän valinta on tärkeää, sillä vääränlaisen menetelmän käyttäminen saattaa olla maaperälle haitallista. Esimerkiksi ohuilla mailla voimakas maanmuokkaus saattaa lisätä eroosiota. (Jalaskoski 1995)



Kuva 3. Kalanruotokuvio rinteisellä alueella veden säilöntää varten (mukaillen Evans ja Turnbull 2004, s. 369)

3.2.2 Kylvö ja istuttaminen

Istuttaminen ja kylvö ovat olennaisia työvaiheita metsän perustamisessa kuivilla, karuilla ja köyhtyneen maaperän alueilla (Çalışkan ja Boydak 2017). Kylvö on halpaa, teknisesti helppoa ja nopea metsänuudistusmenetelmä istuttamiseen verrattuna, mutta se soveltuu lähinnä vain laadukkailla sekä riittävän kosteilla mailla sekä kevyillä maaperillä (Jalaskoski 1995, s. 116). Kylvö vaatii usein maanpintaa rikkovaa muokkausta sekä resursseista kilpailevan rikkaruohon kitkennän, ja etenkin kuivissa olosuhteissa kastelu on tärkeää ensimmäisen ja toisen vuoden aikana (Boydak ja Çalışkan 2015, s. 49).

Kylvössä siemenet saattavat vaatia lepotilan kehittymistä varten, tai jonkin asteista esikäsittelyä, kuten kuumavesikäsittelyn, suolahappoliotuksen tai murskaamisen (Jalaskoski 1995, s. 70-72). Huomioitavaa onkin se, että eri lajien siemenillä on usein toisistaan poikkeavat hedelmöinti- ja versomiskaudet. Lyhyen versomiskauden omaavilla siemenlajeilla kylvöajankohta tulee ajoittaa tarkasti suotuisien olosuhteiden mukaan, kun taas pitkän versomiskauden siemenillä kylvöä voi tarvittaessa venyttää otollisten olosuhteiden ajankohtaan (Siyag 2014).

Muokkaamattomalla ja kuivalla viljelymaalla istutuskuppien kaivaminen on tärkeää taimien juurikasvun kannalta, mutta niillä tavoitellaan usein myös sadeveden maaperää syvemmillä kosteuttavia vaikutuksia. Alle 1200mm vuotuisen sadannan ja kastelujärjestelmättömien viljelymaiden osalta kuppia ei suositella kaivettavan turhan paljoa etukäteen, sillä istutuskohda saattaa kuivua nopeasti. (Jalaskoski 1995, s. 99)

Taimien selviytymisen kannalta istutusajankohtaan tulee kiinnittää huomiota. Kuivilla alueilla, joilla kasteluvettä ei ole saatavilla, istutusajankohta tulisi ajoittaa sadekausien mukaan, joko juuri ennen ensimmäisiä sateita tai heti ensimmäisten sateiden jälkeen. Myös taloudellisesta näkökulmasta sadeveden maksimaalinen hyödyntäminen on suotavaa, vaikka kasteluvettä olisikin saatavilla. Mikäli viljely tapahtuu kovilla maapohjilla, tulisi istutusten osalta odottaa päivästä pariin päivään, jotta vesi ehtii kunnolla imeytyä maaperään. (Siyag 2014, s. 109)

Viljeltävien taimien istutustiheyksiin tulisi kiinnittää huomiota. Istutustiheys riippuu mm. puun käyttötarkoituksesta, hoito- sekä korjuumenetelmistä, lajikohtaisista kasvuominaisuuksista ja siitä, toteutetaanko puuviljelmien ohella muuta maataloutta. Istutustiheys saattaa vaikuttaa myös istutusten kuivuuden kestävyyteen, etenkin erittäin kuivilla alueilla, joissa tiheät istutukset voivat lisätä joidenkin lajien herkkyyttä kuivumiselle. Kuten Jalaskosken (1995) taulukosta 1 selviää, istutustiheys vaihtelee 100 - 2000 taimen välillä hehtaarilta ja istutusväli biomassaviljelmien 0,5 x 0,5 metristä metsälaidunviljelmien 10 x 10 metriin. (Jalaskoski 1995, s. 100)

Taulukko 1. Kuivien ja erittäin kuivien alueiden yleisimmät istutustiheydet eri istutustarkoitusten mukaan (mukailtu Jalaskoski 1995, s. 104)

Istutustarkoitus	Aluetyyppi	Istutustiheys		
		Istutusväli	Riviväli	Kpl/ha
Rehuntuotanto	Kuiva	1-2 m välein	5 metriä	1000-2000
Metsälaidunviljelmät	Kuiva	5mx5m	-	400
	Erittäin kuiva	10mx10m	-	100
Sellu	Kuiva	3m x 3m - 4m x 4m	-	635-1100
Biomassa	Kuiva	0,5m x 0,5m - 0,75m x 0,75m	-	-
Pylväs- ja polttopuu	Kuiva	2,5m x 2,5m	-	1600
	Erittäin kuiva	5m x 5m	-	400
Tuulensuojaistutukset	Kuiva	3 m välein	2 metriä	1650
Hiekansidonta	Sisämaa	5m x 5m	-	400
	Rannikko	2,5m x 2,5m	-	1600
	Suoja-aidat	1-2 m välein	-	-
Eroosiontorjunta	Kuiva	2m x 2m - 3m x 3m	-	1100-2500
Jokiensivariistutukset	Kuiva	3-5 m välein	-	-
Peltometsänviljely	Kuiva	Kaksoisrivit 2m x 2 m	10-20 metriä	800-1600

3.2.3 Jälkihoito

Taimien jälkihoito ja suojele ovat erittäin tärkeitä työvaiheita metsän uudistamisen onnistumisen kannalta, sillä taimiston epäonnistuminen johtaa koko viljelyhankkeen epäonnistumiseen (Luukkanen 1984, s. 60). Suojelu on erityisen tärkeää, sillä kuivilla alueilla laajamittainen karjan laiduntaminen ja paikallisten suorittama puumateriaalin kerääminen polttopuuksi, rehuksi sekä rakennusmateriaaliksi, aiheuttaa paineita kaikelle kasvillisuudelle. Arideilla viljelyaloilla karjaa sekä villieläimiä varten pystytetyt aidat, ja tuulta sekä hiekkaa varten rakennetut matalat suojat tuovat muurit, ovat osoittautuneet tehokkaiksi tuhojen torjumisessa (Evans ja Turnbull 2004, s. 370).

Jälkihoidossa suojelun lisäksi toinen välttämätön toimenpide on rikkakasvien torjunta (Luukkanen 1984).

Ensimmäinen rikkakasvillisuuden torjunta tulisi tehdä heti ensimmäisen sadekauden jälkeen. Arideilla alueilla riittää, että kitkennän suorittaa kaksi kertaa ensimmäisenä ja kerran toisena vuotena. Rikkakasvien täydellinen poistaminen on kallis, mutta tehokkain tapa tukea puiden maksimaalista kasvua. Toimenpide lisää eroosiota, joten kasvualustoilla kilpailevan kasvillisuuden poisto olisi usein suotuisa toteuttaa linjoittain tai laikuittain, ja eroosioherkillä rinteillä maata sitovaa rikkaruohokasvillisuus olisi syytä jopa säilyttää paikka paikoin. (Jalaskoski 1995, s. 112)

Hyönteis- tai tautituhojen osalta metsänviljelyssä törmätään harvemmin ongelmiin arideilla tai edes semi-aridien maiden viljelmillä (Siyag 2014, s. 46). Tosin niiden on havaittu lisääntyvän kosteuden lisääntyessä, ja esimerkiksi alle kolme kuukautisiin taimiin tartuntakykyinen taimipolte, on tuhonnut vuositasolla jopa 40 prosenttia Marokon viljeltävistä puiden taimista (Jalaskoski 1995, s. 88). Termiitit ja muut tuholaiset saattavat olla myös taimille riski, mutta pääosin vain kukkapenkkeihin tehdyissä istutuksissa (Siyag 2014, s. 43).

Mikäli tautien tai tuholaiden riski on ilmeinen, esimerkiksi käytetyn maa-aineksen termiittivaaran takia, tulisi kasvualustaan käytetty maa rikastaa torjunta-aineilla. Perinteisten tuholaismyrkkujen lisäksi bioperäiset torjunta-aineet ovat tehokas ja ekologinen vaihtoehto tuholaiden torjuntaan. Esimerkiksi monien paikallisten kasvilajien lehdistä tehdyt jauheseokset ovat toimineet tuholaiden torjunnassa kasvumaahan sekoitettuna. (Siyag 2014, s. 46)

3.2.4 Lannoitteet ja keinokastelu

Metsänviljelyhankkeissa ensimmäiset vuodet ovat tärkeitä koko viljelmien kannalta. Istutettuja puita ja muuta kasvillisuutta on syytä tarkkailla jatkuvasti ja mahdollisiin kasvuun liittyviin ongelmiin tulisi reagoida välittömästi. Erityisesti taantuneella maapohjalla olevan kasvillisuuden osalta on seurattava, ilmeneekö viljelmillä

merkkejä myrkyttyneisyyttä tai ravinnon puutteesta johtuvaa hidastunutta kasvua (Evans ja Turnbull 2004, s. 374). Maaperän ravinteiden lisääminen lannoittein on vartenotettava vaihtoehto alueilla, joilla valittujen lajien kasvu saattaa muutoin hidastua tai estyä (Siyag 2014, s. 77). Köyhällä maaperällä asianmukainen lannoittaminen lisää kasvillisuuden kasvuvauhtia, niin maanpinnan alapuolisen kuin yläpuolisen biomassan osalta (Watson 2000, s. 215). Kuivilla ja taantuneen maaperän viljelmillä suureen juuristoon painottunut juuristo/versosuhde on hyödyksi eloonjäämisen kannalta (Erkkilä 1989, s. 11). Liiallisella lannoittamisella voi olla kuitenkin myös epäsuotuisia seurauksia. Taimen juuristo voi jäädä olosuhteisiin vaatimuksiin nähden liian pieneksi, kasvin haihduttava pinta-ala saattaa kasvaa haitallisen suureksi ja maan suolapitoisuus kohota, mikä estää veden kulkeutumista kasviin (Jalaskoski 1995, s. 87). Lisäksi lannoittaminen saattaa lisätä ympäristöhaittoja kasvattamalla dityppioksidipäästöjä (N₂O) sekä pilata maaperää (Watson 2000, s. 215).

Kasvillisuuden riittävän ravinnemäärän turvaaminen on tärkeää, mutta arideilla alueilla vieläkin tärkeämpänä voidaan pitää riittävä vedensaanti. Keinokastelussa pyritään vaikuttamaan maan juuristovyöhykkeen kosteuttamiseen erilaisilla kanavien, putkistojen tai sadetuslaitteiden kautta johdetulla kasteluvedellä. Kasteluveden kulutus saattaa olla kuivilla alueilla haihdunnasta johtuen suurta, mutta siihen voidaan vaikuttaa peittämällä avovesisäiliöt tai kanavat esimerkiksi muovikalvolla tai vahalla, sekä lisäämällä veden pintakerrokseen haihtumista ehkäiseviä kemikaaleja (Erkkilä 1989, s. 21-22).

Alueilla, joilla kuivuus rasittaa kasvillisuuden elinoloja, kastelua toteuttava metsänviljely voi lisätä viljelysatoa merkittävästi, vaikkakin kastelun hyödyt vaihtelevat lajikohtaisesti. Keniassa toteutetun kasteluviljelmän *Prosopis* spp. osalta tehty tutkimus on hyvä esimerkki kastelun hyödyistä. Siellä tehtyjen mittausten mukaan puuston vuotuinen kasvu oli jopa 50 kertaa suurempi kuin yhdelläkään muulla alueella luonnontilaisissa kuivissa olosuhteissa kasvaneella lajilla (Evans ja Turnbull 2004, s. 374). Kastelun osalta on kuitenkin huomioitava, ettei vesiresursseja ole aina saatavilla tai veden laatu ei välttämättä vastaa lajikohtaisia tarpeita, esimerkiksi suolaisuutensa takia (Siyag 2014, s. 17). Lisäksi keinokastelun järjestäminen ja toteuttaminen saattavat olla alueesta ja infrastruktuurista riippuen hyvinkin kallista.

Kasteluveden tarpeeseen ja laatuvaatimukseen pystyy vaikuttamaan esimerkiksi puulajivalinnoilla, valitsemalla hankkeeseen lajeja, jotka kestävät suolaista vettä tai kuivia olosuhteita, jopa ilman ylimääräistä kasteluakin.

4. AINEISTO JA MENETELMÄT

Tämä tutkimus on kvalitatiivisen sekä kvantitatiivinen tutkimuksen yhdistelmä, jossa tutkittavaan aiheeseen perehdytään kirjallisuustarkastelun avulla ja tutkimuskohdetta pyritään selvittämään kvantitatiivisen aineiston turvin. Aiemmissa kappaleissa läpikäydyn kirjallisuustarkastelun on tarkoitus auttaa ymmärtämään kuivalla alueella toteutettavaa metsänviljelyä sekä metsän perustamiseen liittyviä oleellisia tekijöitä. Kirjallisuuskatsauksen sekä määrällisen aineiston on tarkoitus yhdessä toimia kuivalle alueelle toteutettavan metsänviljelyhankkeen suuntimana sekä runkona perustustöiden kustannusten arvottamisessa. Kustannuksia käsittelevä aineisto koostuu kahdesta eri osiosta, viljelmän perustustyön vaativista kustannuksista sekä kastelujärjestelmän kustannuksista. Kustannusaineistoa sovelletaan kohdealueen lähtötietoihin, jotka on kuvattu alaluvussa 4.5.

4.1 Aineiston esittely

Arideilla alueilla toteutetaan metsänviljelyä jatkuvasti ympäri maapalloa, mutta projektikohtaisia kuluja tai tutkimuksia, joissa kustannuksia tai kustannustekijöitä olisi eritelty edes jollakin tasolla, ei juurikaan löydy. Koska kuivalla alueella toteutetuista metsityshankkeista ei ollut kustannustietoja vapaasti saatavilla, tässä tutkimuksessa aineistona käytettiin työn sekä kastelun kustannuslähteitä yhdessä. Tutkimuksessa työn kustannuksia pyrittiin hahmottamaan viljelyn työvaiheiden aikamittauksiin ja arviointiin keskittyvän aineiston turvin. Aineisto huomioi myös viljelyalan perustamiseen vaadittavan kaluston, työkalut sekä muut materiaalit ja suhteuttaa nämä henkilötyöpäiviä vastaaviksi kustannusarvioiksi. Toisin sanoen tässä tutkimuksessa metsän perustamiskustannuksilla tarkoitetaan työvaiheisiin sekä materiaaliin kuluneiden panosten henkilötyöpäiviksi arvotettuja lukumääriä, sekä viljelyhankkeen kastelukustannukset. Tutkimus keskittyy viljelmän perustamiskustannuksiin ensimmäiseltä viideltä vuodelta, oletuksena, että ajanjakso riittää käsittämään metsänviljelyhankkeen pääasialliset perustuskustannukset.

Viljelmän perustustöiden kustannuksia koskeva aineisto perustuu YK:n ilmastonsuojelun puitesopimuksen kansliassa johtavana asiantuntijana työskentelevän Panna Ram Siyagin kirjaan *Afforestation, Reforestation and Forest Restoration in Arid and Semi-arid Tropics* (Siyag 2014). Kirja syventyy metsänviljelyyn kuivilla alueilla ja arvottaa viljelyn työvaiheita työmäärän ajallisella mittayksiköllä man-day (henkilötyöpäivä). Työn arvottaminen olettaa viljelyn tapahtuvan tropiikin aridin tai semi-aridin alueen maaseudulla, jolla työlle on jatkuvaa kysyntää, ja jossa palkkarakenne nojaa usein minimipalkkoja sääteleviin lakeihin. Kirjassa metsän perustamisessa vaaditut toimenpiteet sekä työvaiheiden toteutusjärjestykset vastaavat pitkälti muuta tutkimusalan kirjallisuutta.

St1 viljelyhanke tähtää hiilinieluviljelyyn ja tavoittelee puustolta nopeaa biomassan lisääntymistä. Puuston kasvun nopeuttamiseksi viljelmän on tarkoitus turvautua kasteluun suolapoistetulla merivedellä. Kastelujärjestelmän rakentamisen, käytön sekä kasteluveden kustannuksissa on käytetty kansainvälisissä tutkimuksissa esitettyjen arvioiden keskiarvolukuja. Kastelun kustannusosat lähteineen on eritelty kastelua käsittelevässä osiossa.

4.1.2 Aineiston rajaus ja rajoitteet

Aineistossa viljelytöiden kustannukset vaihtelivat alueen topografian, maaperän kovuuden sekä muiden ympäristötekijöiden mukaan. Viljelmän perustustyön vaihekohtaiset kustannusarvot olivat pääosin saatavilla lähdemateriaalin kustannuksia erittelevästä kappaleesta, mutta joidenkin tekijöiden arvot oli esitetty ainoastaan kirjan (Siyag 2014) muissa teoriaa käsittelevissä osuuksissa. Lähteen esimerkkilaskelmissa viljelyalueen pinnanmuotoja, aitaustarpeen suuruutta, maaperän kovuusluokkaa tai muita ominaistekijöitä ei ole erikseen kommentoitu, vaan laskelmissa oli käytetty tiettyjä lukumääriä ilman tarkempaa selvitystä. Tästä johtuen työvaiheiden kustannuserien selvittäminen vaati eri laskelmissa käytettyjen arvojen sekä teoriaosuudessa mainittujen arvojen erillisiä laskutoimituksia tai näiden tietojen yhdistelemistä.

Metsänperustamista käsittelevä aineisto ei erottele viljelyhankkeelle olennaisen osa-alueen, taimitarhauksen lajikohtaisia kustannuseroja, vaan taimien kasvatuksen

kustannustiedot on annettu lajista riippumattomina keskiarvoina. Kuivalla alueella tärkeänä pidettävää keinokastelua ei ole sisällytetty kustannuslaskelmiin, joten nämä tiedot on täydennetty hyödyntämällä muita lähteitä. Lannoitteet sekä niiden kustannukset on jätetty kustannustarkastelun ulkopuolelle. Viljelytyössä vaaditut raskaammat kuljetustyöt oli aineistossa mitattu ja toteutettu vain juhtaeläimen vetäminä kuormina, eikä motorisoituun kuljetuskalustoon löydy verrattavia tietoja.

Aineistossa esitetyt kustannusarviot eivät huomioi viljelyalueen ulkopuolisia infrastruktuurillisia rakenteita kuten tie-, sähkö- ja vesiverkostoja, tai sosiaalisia peruspalveluja, joiden sijainnillinen puuttuminen tai puutteellisuus oletettavasti vaikuttaa hankkeen kokonaiskustannuksiin. Viljelymaan hinta, suunnittelu- ja tutkimustyön kustannukset, sekä muut varsinaisen viljelyalan perustustyön ja kastelun ulkopuoliset tekijät eivät ole mukana kustannusarvioinnissa. Myöskään hankkeelle tärkeitä sosio-ekonomisia tekijöitä ja niiden kustannusvaikutuksia ei ole käsitelty metsänviljelyhankkeen kustannusarvioinnissa.

4.2 Viljelyn perustustyöt ja niiden kustannustekijät

Metsänviljelyn käytännöntyöt vaativat varsinaisen työnteon lisäksi myös kalustoa, työkaluja sekä muita materiaaleja, ja myös niiden kulut on huomioitu työmääriä käsittelevässä aineistossa materiaalikustannuksina. Tarvittavia materiaaleja ei ole selvennetty Siyag (2014) aineiston viljelytyöiden kustannuksien arvioissa, joten ne oletetaan käsittävän perinteiset kuivalla alueella metsänviljelyssä käytetyt työkalut sekä muut tarvittavat materiaalit.

Siyag (2014) kirjassa metsän perustamisessa työvaiheiden kustannuksiin vaikuttivat alueen pinnanmuodot, kaivuutöiden osalta maaperän rakenteen kovuus, rakennustöissä rakennelmien järeys, materiaalin saatavuus viljelyalueella sekä kuljetusetäisyydet alueella. Perustuskustannuksiin vaikuttivat myös metsän istutustiheys. Kustannuksilla tarkoitetaan kuhunkin työvaiheeseen kulunutta työpanosta henkilötyöpäivinä mitattuna. Kustannustekijöiden vertailukelpoisuuden mahdollistamiseksi, aineisto arvottaa työntekijäluokat sekä viljelyssä vaadittavan kaluston, työkalut sekä materiaalit henkilötyöpäiviä vastaaviksi kustannuksiksi, mdeq

(man-day equivalent). Työnimikkeille oli aineistossa annettu taulukon 2 mukaiset työvaiheiden kustannuksiin sovellettavat kertoimet.

Taulukko 2. Aineiston laskelmissa käytettyjen työntekijäluokkien ja materiaalin kustannuskertoimet (Siyag 2014).

Kustannusluokka	Kustannuskerroin(mdeq):
Skilled	3
Semi-skilled	1,5
Unskilled	1
Material	1

4.2.1 Työvaiheet

Työkustannusten aineistossa metsän perustamiseen vaaditut työvaiheet oli jaettu seitsemään osaan ja työvaiheet sisältävät kaikki metsäviljelmän perustamiseen vaaditut toimenpiteet ensimmäiseltä viideltä vuodelta. Työvaiheiden toteutusajankohdat on määritelty taulukossa 3.

Taulukko 3. Metsäviljelmän perustamisen työvaiheet ja toteutusajankohdat tarkasteluajanjaksolta 0-5 vuotta (Siyag 2014).

Työvaiheet	Toteutusajankohta
1. Viljelyalueen kartoitus ja merkintätyöt	Vuosi 1
2. Aitaustyöt	Vuosi 1
3. Taimitarhan perustustyöt sekä taimien kasvattaminen	Vuodet 1 ja 2
4. Maanmuokkaaminen ja muut kaivuutyöt	Vuodet 1 ja 2
5. Kylvö	Vuosi 2
6. Istutustyöt	Vuosi 2
7. Jälkihoito ja ylläpito	Vuodet 2, 3, 4 ja 5

4.2.2 Pinnanmuotojen vaikutukset

Pinnanmuotojen kustannusvaikutus oli huomioitu viljelyalueen kartoitus- ja merkintätoissa sekä istutustyössä ja nämä tiedot oli arvoitettu maastotietojen mukaisesti työpäivinä. Pinnanmuodoilla oli vaikutuksia myös aitatyyppin ja maanmuokausmetodin soveltuvuusperäisissä valinnoissa rinteisyyden ja rinnejyrkkyyksien mukaan. Rinteisillä alueilla aineistossa oli käytetty kaivuu ja

rakennelmatöiden osalta tekijöitä, jotka parantavat veden talteenottoa sekä kohdentumista istutettujen puiden saataville, sekä veden liikkeen kestäviä aitarakennelmia. Tasaisessa maastossa viljelytöiden valinta oli rajoittuneempaa kaivuutöiden osalta ja keskittyivät vain veden talteenottoon. Aitatyypin valintaan ei ollut pinnanmuotojen määrittelemiä rajoituksia.

4.2.3 Maaperän kovuusluokat

Aineistossa maaperä on jaettu seitsemään luokkaan pinnan kovuuden mukaan. Maaperän kovuusluokkien kustannusvaikutukset huomioidaan kaivuutöitä vaativissa työvaiheissa kustannuskertoimina. Kovuusluokkien kustannuskertoimet vaihtelevat kaivuutöiden välillä maaperän kovuuden mukaan. Kovuusluokat ovat kuvailtu taulukossa 4.

Taulukko 4. Aineistossa esitetty maaperän kovuusluokat sekä niiden selvennykset kustannuslaskentaa varten (Siyag 2014).

Maaperän kovuusluokat	Kuvaus
S1	Stabiili hiekka/hiekkainen savimaa/silttinen savimaa
S2	Savinen liete/tiivis kova liete/kiinteä savipohja
S3	Liete/silttinen tai savinen liete, jossa yli kolmasosa pienkiviä, soraa tai kivilohkareia
S4	Tiivis ja kova savimaa, jossa enimmillään 30 % pienkiviä, soraa tai mukulakiviä
S5	Tiivis ja kova savimaa, jossa yli 30 % pienkiviä, soraa tai mukulakiviä
S6	Pehmeää rapautunutta kiviainesta tai kivinen maaperä
S7	Kiinteää kiviainesta, jota on mahdollista käsitellä työkaluin, kuten taltta tai sorkkarauta

4.2.4 Työnimikkeet ja niiden soveltuvuudet ympäristön mukaan

Aineistossa viljelyalueen ympäristön ominaisuudet vaikuttivat työn määrään, sekä siihen, mitä työnimikettä alueella tulisi soveltaa. Ympäristötekijöistä maaperän kovuusluokilla ei ollut merkitystä kiviaineksesta valmistettuihin rakennelmiin. Piikkilanka-aidasta sekä muuraustyönä valmistetusta aidasta ei löytynyt soveltuvuus- tai kustannustietoja, näiden kustannusten vain mainitaan olevan muita

aitausvaihtoehtoja kalliimpia. Metsän perustamisessa käytetyt työnimikkeet, niiden selvennykset ja ympäristön määrittämät soveltuvuudet näkyvät taulukossa 5.

Taulukko 5. Viljelmän perustuskustannuksia käsittelevässä aineistossa esitetyt työnimikkeet, niiden erittelyt sekä soveltuvuudet viljelyalueen ominaisuuksien mukaan (Siyag 2014).

Työnimike		Soveltuvuus	
Maanmuokkaustyöt	Erittely	R/T	S
CT, Contour trench	Korkeuskäyrän mukaisesti kaivettu oja veden ohjaamista varten yli 8,5 asteen rinteille	R	S1-S7
VD, V-ditch	Korkeuskäyrän mukaisesti kaivettu V:n muotoinen kaivanto veden ohjaamista varten. Soveltuvuus loivemmille, alle 8,5 asteen rinteille.	R	S1-S7
BT, Bench terrace	Rinteeseen rakennettu tasainen kasvatuspengeri, yli 8,5 asteen rinteille	R	S4-S5
GD, Gradone (terrace)	Rinteeseen korkeuskäyrän mukaisesti rakennettu jatkuva, alle 1m leveä kasvatuspengeri	R	S3-S5
CB, Contour bund	Maa-aineksesta kasattu korkeuskäyrän mukainen pengeri veden valumisen estämiseksi	R	S1-S5
CD, Contour dike	Matala kiviaineksesta korkeuskäyrän mukaisesti rakennettu veden valumista estävä valli tai pato	R	-
P, Planting pits	Istutuskuopat	R*,T	S1-S7
Saucer	Alusastia veden talteenoton parantamiseksi	T	S1-S7
Aitaustyöt	Erittely	R/T	S
SW, Stonewall	Kiviaita	R,T	-
DB, Ditch bund	Maa-aineksesta rakennettu aita	T	S1-S7
BW, Barber fence	Piikkilanka-aita	**	**
MW, Masonry wall	Muurattu aita	**	**
R=rinteinen maasto, T=tasainen maasto, S=maaperän kovuusluokka (1-7)			
*vaatii rinteisillä mailla rinnalle veden valumista estävän penkereen tai vallin			
**Ei määritelty			

4.2.5 Rakennusmateriaalin saatavuus alueella ja kuljetusetäisyydet

Työkustannuksissa rakennelmissa tarvittavan raaka-aineen alueellinen sijainti vaikutti työnimikkeen kustannuksiin. Kiviaidan osalta mahdollisesti tarpeelliset kiviaineksen hakkuu- ja louhimistyöt olivat eriteltyinä kustannusarvioissa. Kiviaineksen

etäisyyksien kustannusvaikutukset oli huomioituina kolmessa eri alueellisen sijainnin luokassa, 0m, < 100m, 100-200m. Kiven hakkuutyön sekä louhimistyön kustannusarvioille oli omat kustannustiedot. Kiven työstämisen kustannustietoja voisi hyödyntää rakennelmien osalta, joissa yli 50 prosenttia kokonaiskivimateriaalin tarpeesta vaatisivat nimikkeen mukaisen käsittelyn.

Kuljetuksen kustannukset oli huomioitu taimien kuljetuksen osalta keskiarvoetäisyyksin ja kolmessa eri luokassa, joko eläinten vetämän kuormana (1km, 2km ja 5km) tai ihmisvoimin kannettuina (100m, 300m ja 500 m). Materiaalin saatavuus sekä kuljetusetäisyydet oli sisällytetty niitä koskeviin työvaiheisiin etäisyyksistä riippuvilla kustannuskertoimilla.

4.2.6 Jälkihoidolliset ja ylläpidolliset toimet

Jälkihoidon ja ylläpidon kustannukset käsittivät aineistossa rikkakasvien kitkennän, aitojen ja kaluston huoltotyöt, valvonnan sekä työntekijöiden perustarpeisiin, kuten juomaveteen ja ensiapuun liittyvät kustannukset. Rikkakasvien kitkennän kustannukset määrittyivät istutusmäärien sekä maaperän kovuusluokan mukaan, ja toteutusajankohdat ajoitetaan aineistossa vuosille 2, 3 ja 4. Aitojen huoltotyöt oli arvioitu aineistossa vain kiviaidan osalta, jossa korjaukseen kuluvat kustannukset olivat kokonaismetrimääriin suhteutettuja. Kaluston huolto sekä valvonta olivat aineistossa esitetty 50 hehtaarin viljelmän esimerkissä siten, että kaluston kustannus oli vuositasolla vakio ja valvontatyö vaatisi yhden työpäivän vuorokautta kohden, vuodesta kaksi alkaen. Toisena vuotena valvontapäiviä oli aineistossa kuitenkin vain 270. Työntekijöiden perustarpeiden kustannusten suuruus oli arvioitu olevan noin 5% alimman osaamistason työpäivien (unskilled) kokonaismäärästä.

4.3 Kastelun kustannukset

Kastelujärjestelmän kustannukset käsittävät järjestelmän rakennuskustannuksen, vuotuisen käyttökustannuksen sekä suolapoistetun veden kustannuksen. Tässä tutkimuksessa kustannusten keskiarvotiedoissa on hyödynnetty lähteissä mainittuja tasaiseen maastoon soveltuvien kastelujärjestelmien keskiarvokustannuksia. Kastelujärjestelmän rakennustyön ja käyttökustannuksen arvot perustuvat

Armeniassa, Georgiassa, Jordaniassa, Palestiinassa sekä Turkissa toteutuneisiin hankekohtaisiin kastelutietoihin (Aquastat 2008, Çetin 2004). Suolapoistetun veden kuutiokohtainen hinta perustui lähteisiin Becker (2013) sekä Methnani (2017). Kastelukustannusten suuruuteen vaikutti myös taimien veden tarve, joka Siyag (2014) mukaan on keskimäärin 0,25 litraa taimea kohden vuorokaudessa. Kastelun kustannustiedot on esitetty taulukossa 6.

Taulukko 6. Kastelujärjestelmän, suolapoistetun veden sekä taimikohtaisen vedentarpeen keskiarvotiedot kustannuslaskentaa varten.

Kasteluun liittyvät tiedot		Lähde
Kastelujärjestelmän kustannus, €/ha	3118	Aquastat 2008, Çetin 2004
Vuotuinen käyttökustannus, €/ha	120	Aquastat 2008, Çetin 2004
Suolapoistetun veden kustannus, €/m ³	0,5	Becker ym. 2013, Mehnani 2017
Taimen päiväkohtainen veden tarve, l	0,25	Siyag 2014

4.4 Kustannuslaskenta

Metsänviljelyhankkeen perustuskustannuksia arvioidaan työn osalta Siyag (2014) kirjassa käytetyn 50 hehtaarille sovelletun toimenpidemallin rungon työvaiheita sekä aikatauluja noudattaen (Liite 2). Kukin työnimike on arvotettu henkilötyöpäivinä (mdeq) ympäristötekijöihin suhteutetuin yksikkökohtaisin kustannuksin, jotka näkyvät taulukossa 7. Kustannuslaskelmissa on käytetty lähdeaineistossa kullekin työnimikkeelle ilmoitettuja kustannuskertoimia (Liite 3).

Taulukko 7. Työn kustannuslaskennan yksiköt, kaavat ja soveltuvat työnimikkeet.

Kustannusmääreet (mdeq)	Yksikkö	Kaava	Soveltuvat työnimikkeet
Metrikohtainen kustannus	mdeq/m	m x mh	Aitaus-, maanmuokkaus-, kylvö- ja kitkentätyöt
Neliömetrikohtainen kustannus	mdeq/m ²	m ² x nh	Kaivuu- ja rakennustyöt
Kuutiometrikohtainen kustannus	mdeq/m ³	m ³ x kh	Kaivuu- ja rakennustyöt
Kappalekohtainen kustannus	mdeq/n	n x th	Taimikasvatus-, istutus-, ja kitkentätyöt
Hehtaarikohtainen kustannus	mdeq/ha	md x mdh	Kartoitus ja merkintä-, huolto-, sekä ylläpitotyöt
mdeq=henkilötyöpäivä, m= metriä, mh=metrikohtainen kustannus, m ² = neliömetriä, nh= neliömetrin kustannus, m ³ =kuutiometriä, kh=kuutimetrimin kustannus, n=lukumäärä, th= työn kustannus, md=työpäivät, mdh=työn hehtaarikustannus			

Laskelmissa käytetään viljelytöiden työnimikkeitä, jotka huomioivat alueen ominaisuudet, mutta myös kuumat ja vähäsateiset olosuhteet. Koska kuivilla alueilla kylvö soveltuu viljelymenetelmänä vain harvoille puulajeilla, ja se sisältää muutoinkin taimien selviytymiseen liittyviä riskejä, jätettiin tämä metsittämisvaihtoehto kokonaan kustannuslaskennan ulkopuolelle. Viljelmän perustustöissä tavoitellaan mahdollisimman tehokasta taimikon kasvua, ja näin taimen juuriston kasvun edistämiseksi sekä veden talteenoton parantamiseksi, istutusten yhteydessä jokaiselle puulle tehdään kuoppa sekä alusta veden parempaa talteenottoa varten.

Työn kustannusarvioinnin osalta maanmuokkaustyössä, aitaustyössä sekä muissa rakennustoimenpiteitä vaativissa työvaiheissa kustannuslaskelmat on tehty hyödyntäen työnimikkeiden keskiarvotietoja. Koska viljelyhankkeen lähtötietoja kuljetusetäisyyksien tai kiviaineksen saatavuuden osalta ei voida vakioda, käytettiin myös näiden vaikutuspiirin alaisten työnimikkeiden laskelmissa niin ikään työnimikkeiden keskiarvokustannusten kertoimia. St1:n saamien tietojen mukaan alueella on runsaasti vuohia sekä lampaita, ja vaikka laiduntaminen on heidän saamien tietojen mukaan hyvin kontrolloitua, on alue eläintuhojen estämiseksi syytä aidata. St1:n pilottiviljelämä tullaan aitaamaan kivimuurilla, ja myös 5000 hehtaarin hankkeen osalta työn kustannuslaskelmissa sovelletaan aineistossa ilmoitettuja kiviaidan kustannustietoja. Hankealueen muotoja ja sen vaikutuksia ympärysmittojen osalta ei ole tiedossa, joten aitaamisen metrimäärät ovat asetettu vastaamaan kustannusaineiston laskelmien mukaisesti tasasivuisen neliönmallisen viljelmän piiriä. Tätä mukaillen 5000 hehtaarin alueella aitaaminen vaatii noin 30 000 metrin aitaamistyön.

Hankkeen työkustannukset on arvioitu laskemalla viljelyn työvaiheet yhteen alueen ominaisuuksien vaatimin kustannuskertoimin, ja soveltamalla niitä hankkeen kokonaishehtaarimäärään. Työvaiheet, sekä niissä sovelletut yksikkömittaiset lukumäärät ja toteutusajankohdat ovat eriteltyinä taulukossa 8.

Taulukko 8. Hankkeen kustannuskehikon laskelmissa käytetyt työvaiheet, yksikkökohtaiset lukumäärät, toteutusajankohdat sekä muut laskentatiedot.

Työvaiheet	Yksikkö	Lukumäärä	Toteutusajankohta
Viljelyalueen kartoitustyö	ha	5 000	Vuosi 1
Aitaaminen (kiviaita)	m	30 000	Vuosi 1
Taimituotanto	kpl	10 000 000	Vuosi 1 ja 2
Kuoppien kaivaminen	kpl	10 000 000	1 ja 2
Alustojen tekeminen veden talteenottoa varten	kpl	10 000 000	
Istutukset	kpl	10 000 000	Vuosi 2
Rikkojen kitkentä	kpl	10 000 000	Vuosi 2, 3, 4 ja 5
Kuokinta kasvualustoilla	kpl	10 000 000	
Muut kustannuslaskennassa käytetyt tiedot	Yksikkö	Lukumäärä	Toteutusajankohta
Kasteluveden tarve	m ³	4 562 500	Vuosi 1, 2, 3, 4, ja 5
Kustannuskehikon aikajänne	pv	1 825	

Tässä tutkimuksessa kustannusarvioinnin euromääräisessä arvottamisessa on käytetty Euroopan keskuspankin julkaisemia viitekursseja ja valuuttamuunninta on tarvittu vain dollarin osalta. Tutkimuksen lopullisten laskelmien ajankohdalla euro vastasi 1,1409 dollaria (European Central Bank 2018).

Tämä tutkimus sisältää kaksi eri kustannusosiota, viljelmän perustuskustannukset sekä kastelukustannuksen. Metsityshankkeen perustamisen kokonaiskustannukset käsittävät työkustannukset, kastelujärjestelmän rakentamisen sekä operoinnin sekä suolapoistetulla vedellä tehdyn kastelun ensimmäiseltä viideltä vuodelta.

4.5 St1 metsänviljelyhankkeen lähtötiedot kustannuslaskentaa varten

St1 metsänviljelyhankkeen motiivina toimii kuivan alueen käyttöä vailla olevan maan hyödyntäminen hiilinieluiksi. Kohdemaaksi on suunniteltu Marokkoa. Energiayhtiö työskentelee parhaillaan neljän hehtaarin kokoisen pilottiviljelmän parissa Ben Gueririssa ja myös suunnitellun 5000 hehtaarin demohankkeen lähtötietoina käytetään kyseistä aluetta. Maa-alueen hinta on jätetty lähtötiedoissa ja laskelmissa tarkastelun ulkopuolelle.

St1:n Ben Gueririssa toteuttaman maaperätutkimuksen mukaan maa on hiekkaista, siltistä ja savista, melko hienojakoista ja sisältää vain vähän kiveä tai pienkiviä. Koska työkustannuksia käsittelevässä aineistossa maaperän kovuuden luokittelu on deskriptiivistä, on maan kovuusluokan arvioitu vastaavan parhaiten luokkien S1-S3 keskiarvoa. Tutkimuksen lähdeaineistossa työkustannusarviot perustuvat kuivien

alueiden minimipalkkojen keskiarvoihin, joten henkilötyöpäivien rahallisessa arvottamisessa on käytetty Marokon maataloustyöntekijöiden laissa säädettyjä päiväkohtaisia minimipalkkoja. Yhdysvaltojen ulkoministeriön vuonna 2017 laatiman *Annual Country Reports on Human Rights* - raportin mukaan minimipalkka olisi 7,22 USA:n dollaria (U.S. Department of State 2017). Taulukossa 9 on esitetty muut lähtötiedot ja ne perustuvat internetlähteisiin sekä St1 Oy:n sekä heidän yhteistyökumppaneiden selvitystyöhön ja arviointiin.

Taulukko 9. Marokossa toteutettavan viljelyhankkeen lähtötiedot.

Viljelyhankkeen lähtötiedot		Lähde
Sijainti	Bem Guerir, Marokko	St1
Vuotuinen sadanta (mm/v)	~200	www.meteoblue.com
Pinnanmuodot	Tasainen maasto	St1
Maaperän kovuusluokan arvio	S1 - S3	St1
Viljelyn tavoitteet	Hiilensidonta	St1
Tavoiteltu istutustiheys (kpl/ha)	2000	St1
Aitaamistarve (eläintuhot)	Kyllä	St1
Minimipalkkataso (€/pv)	6,3	U.S. Department of State 2017, EKP

5. TULOKSET

5.1 Viljelmän perustamistöiden kustannukset

5.1.1 Työn kertaluonteiset kustannukset

Tutkimustulosten mukaan St1 Marokkoon suunnittelemassa 5000 hehtaarin metsänviljelyhankkeessa, viljelmän perustustöiden toinen vuosi oli työmäärällisesti vaativin ja käsitti ylivoimaisesti suurimman osan, noin 70 prosentin osuuden perustustöiden kokonaiskustannuksista. Minimipalkkoihin nojaavissa työ- kustannuslaskelmissa toisen vuoden kustannukset olivat yhteensä 12,7 miljoonaa euroa. Ensimmäisen vuoden kustannukset, noin 3 miljoonaa euroa käsittivät työn osalta toiseksi suurimman osan kokonaiskustannuksista. Vuodet neljä ja viisi olivat toimenpiteiltään ja työmääriltään identtiset, ja vuosikustannus oli miljoonan luokkaa kumpanakin vuotena. Viimeinen viidennen vuoden kustannuslaskelmat sisälsivät vain viljelmän ympäröivän aidan huoltotoimenpiteitä sekä istutuksen valvonnallista työtä, jonka myötä vuosikustannus jäi hyvin poikkeuksellisen matalalle tasolle, noin 230 000 euroon. Viljelmän perustamisen työvaihekohtaiset kustannukset ensimmäiseltä viideltä vuodelta on eritelty tarkemmin taulukoissa 10-14.

Taulukko 10. Viljelmän perustamistöiden työvaihekohtaiset kustannukset hankkeen ensimmäiseltä vuodelta.

Vuosi 1	€
Viljelyalueen valmistelu ja kartoitustyöt	429 881
Alueen aitaaminen	
Kiviaidan rakennustyöt	212 562
Taimituotanto	
Taimien kasvatus	1 995 000
Muut rakennus, korjaus ja ylläpitotyöt	
Tietyöt	63 000
Muut pienen skaalat rakennustyöt	13 910
Työkalujen huolto	76 860
Työntekijöiden virvokkeet ym. Tarpeet	157 500
Vuosi 1 yhteensä	2 948 713

Taulukko 11. Viljelmän perustamistöiden työvaihekohtaiset kustannukset hankkeen toiselta vuodelta.

Vuosi 2	€
Taimien ylläpito	903 000
Maanmuokkaaminen	
Kuopat istutuksia varten	6 174 000
Vettä keräävien alustojen rakentaminen	630 000
Istutukset	3 310 094
Jälkihoito	
Rikkojen kitkentä	756 000
Kuokinta kasvualustoilla	441 000
Muut rakennus, korjaus ja ylläpitotyöt	
Aidan korjaus- ja huoltotyöt	3 465
Työkalujen huolto	47 880
Työntekijöiden virvokkeet ym. Kustannukset	138 600
Tuholaisten torjunta	189 000
Istutusten tarkkailu/valvonta	170 100
Vuosi 2 yhteensä	12 763 139

Taulukko 12. Viljelmän perustamistöiden työvaihekohtaiset kustannukset hankkeen kolmannelta vuodelta.

Vuosi 3	€
Jälkihoito	
Rikkojen kitkentä	378 000
Kuokinta kasvualustoilla	441 000
Muut rakennus, korjaus ja ylläpitotyöt	
Aidan korjaus- ja huoltotyöt	3 465
Työkalujen huolto	15 120
Työntekijöiden virvokkeet ym. Tarpeet	31 500
Istutusten tarkkailu/valvonta	229 950
Vuosi 3 yhteensä	1 099 035

Taulukko 13. Viljelmän perustamistöiden työvaihekohtaiset kustannukset hankkeen neljänneltä vuodelta.

Vuosi 4	€
Jälkihoito	
Rikkojen kitkentä	378 000
Kuokinta kasvualustoilla	441 000
Muut rakennus, korjaus ja ylläpitotyöt	
Aidan korjaus- ja huoltotyöt	3 465
Työkalujen huolto	15 120
Työntekijöiden virvokkeet ym. Tarpeet	31 500
Istutusten tarkkailu/valvonta	229 950
Vuosi 4 yhteensä	1 099 035

Taulukko 14. Viljelmän perustamistöiden työvaihekohtaiset kustannukset hankkeen viidenneltä vuodelta.

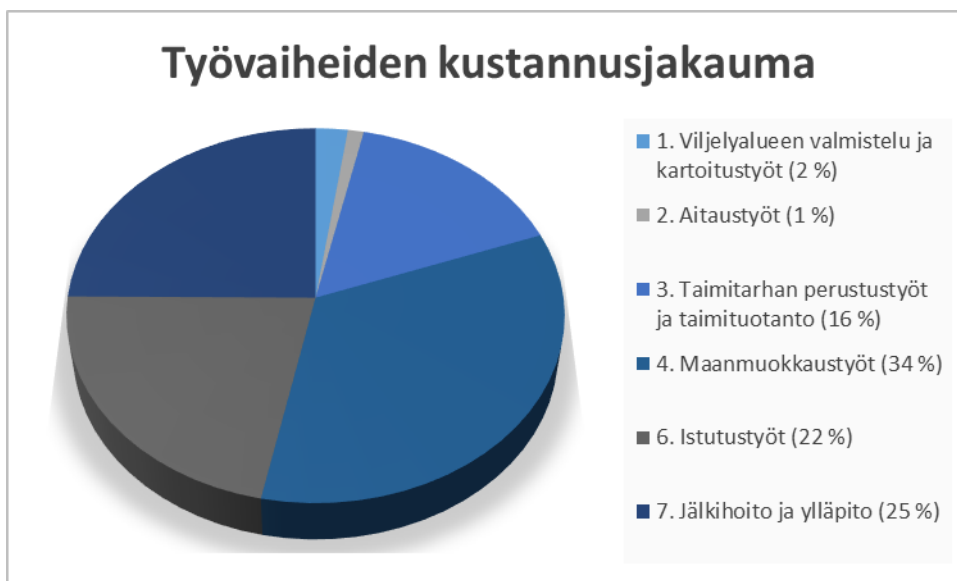
Vuosi 5	€
Aidan korjaus- ja huoltotyöt	3 465
Istutusten tarkkailu/valvonta	229 950
Vuosi 5 yhteensä	233 415

5.1.2 Viljelyhankkeen työvaiheiden kokonaiskustannukset

Tulosten valossa St1:n 5000 hehtaarin metsänviljelyhankkeen perustustyön kustannukset ovat yhteensä noin 19 miljoonaa euroa ja hehtaarikohtainen kustannus noin 3600 euroa. Työn kokonaiskustannuksista kalleimmat työvaiheet, maanmuokkaustyöt (1235 €/ha) sekä jälkihoito ja ylläpito (898 €/ha) käsittävät yhteensä yli puolet hankkeen perustustyön kustannuksista, hieman vajaa 60 prosenttia. Istutustyöt (788 €/ha), sekä taimituotannon kustannukset (580 €/ha), olivat seuraavaksi merkittävimmät kustannustekijät, viljelyalueen valmistelutöiden ja aitauksen yhteiskustannusten jäädessä vain reiluun kolmeen prosenttiin. Työvaiheiden kustannukset on eritelty tarkemmin taulukossa 15.

Taulukko 15. Viljelyhankkeen työvaiheiden eriteltyt kustannukset, hehtaarikohtaiset kustannukset sekä prosentuaalinen osuus kokonaiskustannuksista.

Työvaiheiden kustannukset	€	€/ha	%
1. Viljelyalueen valmistelu ja kartoitustyöt	429 881	86	2
2. Aitaustyöt	212 562	43	1
3. Taimitarhan perustustyöt ja taimituotanto	2 898 000	580	16
4. Maanmuokkaustyöt	6 174 000	1 235	34
5. Kylvö	-	-	-
6. Istutustyöt	3 940 094	788	22
7. Jälkihoito ja ylläpito	4 488 800	898	25
Työkustannukset yhteensä	18 143 337	3 629	100



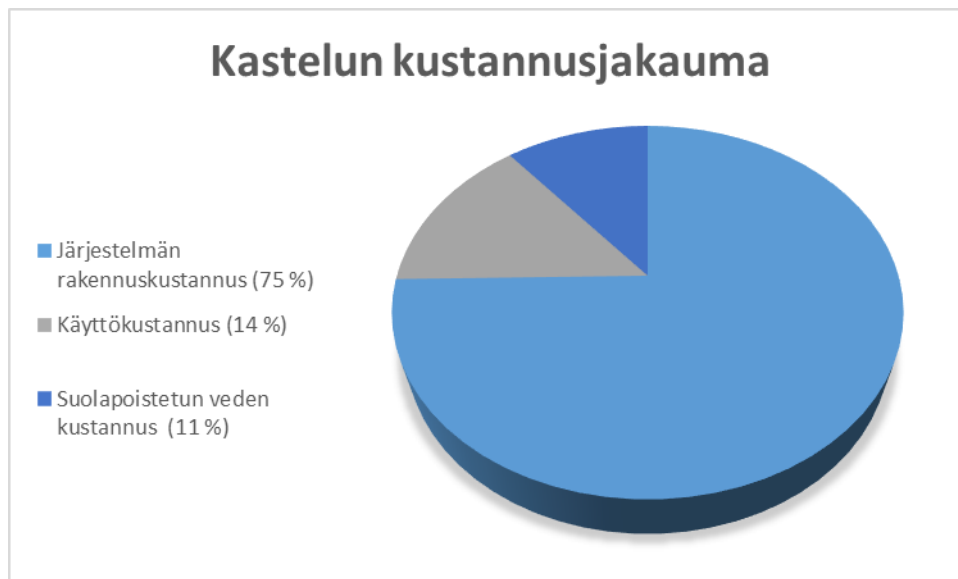
Kuvaaja 1. Työvaiheiden prosentuaalinen kustannusjakauma.

5.2 Kastelun kustannukset

Tulosten perusteella St1:n metsänviljelyhankkeen kastelukustannukset ovat yhteensä noin 20 miljoonaa euroa ja hehtaarikohtainen kustannus 4000 euron luokkaa. Kastelujärjestelmän rakennuskustannus kattaa noin 75 % kastelun kokonaiskustannuksista viljelmän viideltä ensimmäiseltä vuodelta. Hankkeen kastelukustannukset 2000 taimen hehtaarikohtaisella istutustiheydellä on esitetty taulukossa 16.

Taulukko 16. Marokkoon suunnitellun 5000 hehtaarin metsänviljelyhankkeen kastelukustannukset ensimmäiseltä viideltä vuodelta.

Kastelu	€	€/ha	%
Järjestelmän rakennuskustannus	14 824 166	3 118	75
Käyttökustannus	2 852 083	600	14
Suolapoistetun veden kustannus	2 281 250	456	11
Kastelu yhteensä	19 957 500	3 992	100



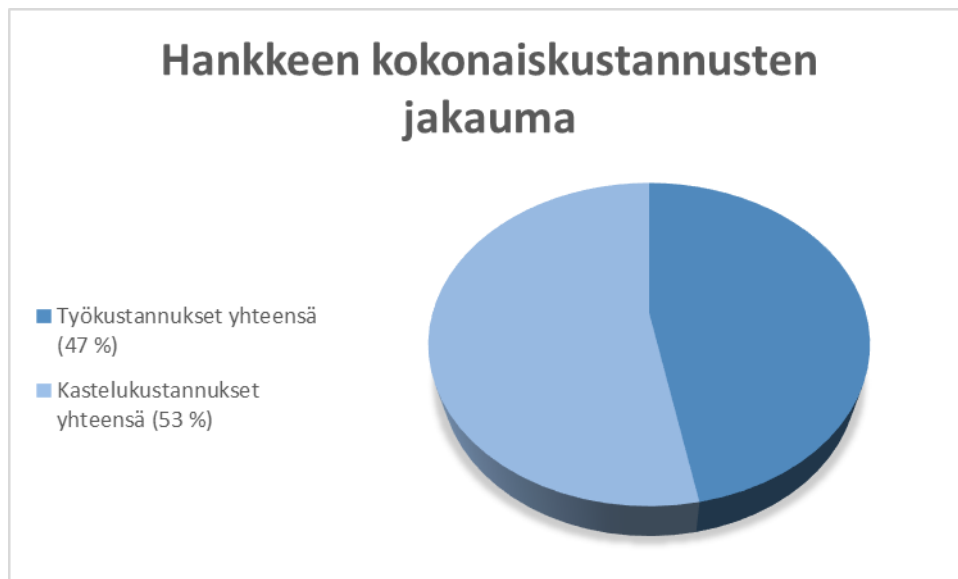
Kuvaaja 2. Kastelun prosentuaalinen kustannusjakauma.

5.3 Hankkeen kokonaiskustannukset

St1:n Marokon metsänviljelyhankkeen kokonaiskustannukset tulevat tulosten mukaan olemaan noin 39 miljoonaa euroa. Viljelmän kastelun kustannus käsittää noin 53 prosenttia hankkeen perustuskustannuksista, työkustannusten jäädessä vain hieman alemmaksi, 47 prosenttiin. Hankkeen hehtaarikohtainen perustuskustannus on saatujen tulosten mukaan noin 7800 euroa hehtaarilta. Hankkeen kokonaiskustannusten osat ovat eriteltyinä taulukossa 17.

Taulukko 17. Marokon 5000 hehtaarin metsänviljelyhankkeen perustuskustannukset yhteensä, prosentuaalinen jakauma sekä hehtaarikohtainen kustannus.

Hankkeen kokonaiskustannukset	€	%
Työkustannukset yhteensä	18 143 337	47
Kastelu yhteensä	20 873 151	53
Hankkeen perustuskustannukset yhteensä	39 016 498	100
Hankkeen hehtaarikohtainen kustannus	7 803	



Kuvaaja 3. Hankkeen kokonaiskustannusten prosentuaalinen jakauma.

6. TULOSTEN TARKASTELU

Tämän tutkimuksen tavoitteena oli selvittää St1 Oy:n suunnitellun Marokon metsänviljelyhankkeen perustuskustannukset ensimmäiseltä viideltä vuodelta. Koska kuivilla alueilla toteutettujen metsänviljelyhankkeiden kustannustietoja ei ole juurikaan olemassa, käytettiin tutkimuksen kustannusarvioinnissa viljelytyön kustannuksia sekä kastelukustannuksia käsitteleviä aineistoja.

Marokon Ben Gueririn alueelle suunnitellun 5000 hehtaarin viljelmän perustuskustannuksissa kastelu sekä työ jakautuivat jotakuinkin kahteen yhtä suureen osaan kokonaiskustannuksista, kastelun kustannuksien ollen noin 20 miljoonaa ja työkustannusten noin 19 miljoonaa euroa. Kokonaiskustannusten komponenteista kastelujärjestelmän rakennuskustannus on ylivoimaisesti suurin, noin 15 miljoonaa euroa. Viljelmän perustustöissä maanmuokkaustyöt, 6 M€, sekä jälkihoito ja ylläpito, 5 M€, olivat seuraavaksi suurimmat kustannusosat viljelmän perustamisessa.

6.1 Tulosten arviointi

Tämän tutkimuksen kustannuksia määrittelevä aineisto perustui alan lähteissä ilmoitettuihin keskiarvoihin. On selvää, että keskiarvotietojen hyödyntäminen sisältää monien vaihteluvälien riskejä, joiden merkitys kustannusarvioinnissa voi olla vaikuttavaakin. Metsänviljelytyön aineisto perustuu arvioituihin työnopeuksiin sekä työntekijöiden ammattitaitoon. Suuri metsänviljelyhanke vaatii runsaasti työvoimaa ja ammattitaitoisten työntekijöiden löytäminen saattaa olla haasteellista. Onkin mahdollista, että viljelmän perustamistyöt vaativat todellisuudessa enemmän henkilötyöpäiviä, etenkin hankkeen alussa, jolloin työntekijöiden oppimiskäyrä on vasta alkukiidossa. Osaamisen lisäksi työntekijöiden motivaatiolla on oletettavasti merkitystä työpanokseen. Hankkeen perustustöissä kustannuslaskennan tiedot perustuvat ihmisvoimin toteutettuun työhön, joten hankkeen perustustöissä vaativimpien, esimerkiksi kaivuutöiden työvaiheiden koneistaminen voisi puolestaan laskea työn kustannuksia.

Tämän tutkimus ei ota kantaa minimipalkkoja säätelevän lain asettamaan palkkarakenteeseen. Viljelmän perustustyön kustannuslaskennassa on käytetty lähteen mukaisesti Marokon maataloustyöntekijöiden minimipalkkatasoa ja palkkarakenne voi todellisuudessa poiketa käytetystä 6,3 euron päiväkohtaisesta palkasta. Viljelytyön laskelmien avulla toteutettu kustannustarkastelu voi tästä huolimatta olla tarkin olemassa oleva keino arvioida kuivalle alueelle perustettavan viljelmän kustannuksia. Tutkimuksessa käytetyt henkilötyöpäivät ja niiden kustannukset riippuvat viljelyhankkeelle oleellisista yksityiskohdista, kuten esimerkiksi viljelytiheyksistä, käytetyistä maanmuokkaustoimenpiteistä sekä palkkatasosta. Vaikka kuivien alueiden viljelyprojektien hehtaarikohtaisia kustannustietoja saisi jostakin käsiinsä, voisi niiden hyödyntäminen kustannusarvioinnissa vääristää todellisia kustannuksia. Tässä tutkimuksessa kastelukustannusten arvioihin liittyy vastaavaa riskiä, sillä kastelujärjestelmän perustustöiden osalta kustannustietojen sisältöjä ei ole selvennetty lähteissä.

Viljelmän kastelujärjestelmää käsittelevissä aineistoissa ei ole selvennetty järjestelmän perustuskustannusten käsittäviä käytännöntöitä tai niiden määriä. Oletettavasti kastelujärjestelmä sekä sitä koskeva rakennustyö sijoittuu viljelyalueella istutuspaikkojen välittömään läheisyyteen. Mikäli kastelujärjestelmän rakentaminen vaatisi kaivu- tai muita maanmuokkaustöitä, voisi näitä sekä istutustyön toimenpiteitä mahdollisesti yhdistää kustannustehokkuutta tavoitellen. Koska kastelujärjestelmien kustannustietoja ei ole aineistoissa eritelty, on mahdollista, että tämän tutkimuksen tulokset käsittävät joitakin päällekkäisiä työvaiheita, jotka nostavat kalliiden työosuuksien kustannusarviointia todellista suuremmiksi.

Tutkimustulosten osalta yksi merkittävimmistä kustannusarvioinnillisista puutteista liittyy suolapoistetun kasteluveden tuottamiseen, mutta myös sen todelliseen määrälliseen tarpeeseen. Oletettavasti hankealueen vesiresurssitarpeen täyttäminen suolapoistetulla merivedellä vaatii mittavan kehittyneen teknologian investoinnin. St1:n Marokon metsityshanke tavoittelee myös alueella sijaitsevan asutuksen jäteveden hyödyntämistä kastelussa, joka voi muuttaa kastelukustannusten lukuja. Veden hinnan ja tuotantojärjestelyjen lisäksi aineistossa käytetty 0,25 litran puustokohtainen päivittäinen vedentarve perustuu lähteessä ilmoitettuun taimivaiheen vedentarpeeseen. Veden tarve on myös hyvin lajikohtaista. Puuston kasvaessa

maksimaaliseen hiilinieluun tähtäävä lajikohtainen vedentarve voi kasvaa merkittävästikin, mikä tulee lisäämään kastelukustannuksia. Kastelun kustannuksiin voi vaikuttaa puulajivalinnoilla ja valitsemalla kuumuutta sekä kuivuutta kestäviä lajeja, myös taimien selviytymiseen liittyviä riskejä on mahdollista alentaa.

6.1.1. Tulosten tarkastelu tutkimusajanjakson jälkeiselle ajalle

Aridilla alueen köyhtyneellä maaperällä toteutetussa metsänviljelyhankkeessa viljelmän perustustyöt vaativat resursseja. On kuitenkin ymmärrettävää, ettei kustannusten tarkastelu ensimmäisen viiden vuoden osalta ole välttämättä riittävää, vaan antaa vain suuntaa-antavan arvion metsän perustuskustannuksista. Tämä tutkimus ei huomioi sitä, että puulajit kehittyvät eri tahtia ja saattavat saavuttaa itsenäisesti pärjäävän kasvuvaiheen vasta huomattavasti myöhemmin. Myöskään muita puiden lajikohtaisia tekijöitä ei ole erikseen huomioitu, vaan esitetyt arviot taimikasvatuksesta ja puuston vaativista hoitotoista perustuvat aineistossa ilmoitettuihin keskiarvokustannuksiin kuivan alueen viljelytyössä tyypillisesti oletetuin toimenpitein. Hitaasti kehittyvillä tai jatkuvasti hoitotyötä vaativilla puulajeilla ylläpitokustannukset voivat ulottua intensiivisesti useitakin vuosia tämän tutkimuksen tarkastelujaksoa pidemmälle, mikä olisi syytä huomioda viljelmän kokonaiskustannuksia arvioitaessa.

Tämän tutkimuksen tulosten perusteella kasteluinvestointi sekä maanmuokkaus- ja jälkihoitotyöt ovat ylivoimaisesti suurimmat kustannustekijät. On syytä huomioda, että kyseiset viljelyhankkeen kustannukset ajoittuvat hankkeen aloitusvaiheeseen. Työkustannukset käsittävän aineiston mukaan viljelmän perustusvuosista viimeinen ei sisällä enää kalliita jälkihoidollisia töitä. Viljelmän ylläpitokustannusten sekä kastelun käsittävä viimeinen vuosi maksaisi arviolta 250 euroa hehtaarilta. Tosin tämä ei huomioi sitä, että kasteluveden tarve saattaa lisääntyä puuston kasvaessa. Tutkimustulosten valossa voi sanoa, että kuivan alueen metsäviljelmän perustamiskustannusten tarkastelu ensimmäiseltä viideltä vuodelta on varteenotettava keino arvioida hankkeen investointikustannuksia. Tuloksiin verrattavan kustannuksia erittelevän tutkimustiedon puuttuessa väite jää kuitenkin vaille kyseenalaistusta.

7. JOHTOPÄÄTÖKSET

Metsän perustaminen kuivalle, etuudestaan paljaalle maa-alueelle vaatii mittavan määrän työvoimaa. Puuston kannalta kasvuolosuhteet ovat vaativia, joka asettaa vaateita metsänviljelyllisille toimenpiteille kasvuston paremman menestymisen turvaamiseksi. Viljelylliset toimenpiteet, kuten veden keräämisen ja talteenoton parantaminen, juuriston kehittymistä vahvistava maanmuokkaaminen sekä villi- tai karjaeläintuhoja torjuvat aitaustyöt, ovat merkittäviä tekijöitä puuston kehityksen ja selviytymisen kannalta. Näitä toimenpiteitä vaalivat ratkaisut vaativat työpanoksia, etenkin ihmistyönvoiman voimin perustettuiden viljelmien osalta.

Tämän tutkimuksen keskittyessä metsän perustamiskustannuksiin, olisi työvaiheiden kustannuksille syytä selvittää myös todelliset hyötysuhteet. Kustannusten minimointi vain halvimpia työvaiheita ja toimenpiteitä hyödyntäen, ei ole välttämättä kestävin ratkaisu, sillä viljelyn todelliset tuotto-panos-suhteet selviävät vasta vuosia myöhemmin puiden eloonjäännin, kasvuvauhdin ja laadun myötä. Alkuinvestoinnissa säästöliekillä ja väärin lähtötiedoin toteutettu viljelmän perustaminen voi koitua pahimmillaan viljelyn totaaliseen epäonnistumiseen. Etenkin kuivissa kehittyvissä maissa viljelyn suunnittelutyö tulisi olla tarkkaa tehtyä ja paikallisväestön tarpeita huomioivaa.

Kuivalla alueella puulajivalinnat ovat tärkeässä osassa viljelyhankkeen päätöksentekoa, sillä niiden vaikutukset heijastuvat investoinnin eri osa-alueilla. Alueen ympäristöolosuhteita tai yhteisviljelyssä keskeistä kilpailua kestävämmät lajit eivät välttämättä selviä viljelmillä tai ainakaan kustannuksiin verraten kannattavissa määrin. Joillakin lajeilla on lisäksi maaperää huonontavia vaikutuksia, joka voi pahimmillaan pilata viljelymaan ja vaikuttaa näin sen tulevaisuuden hyödyntämiseen tai käyttökustannuksiin. Parhaimmillaan puulajivalinnoilla saattaa kuitenkin olla monia ympäristöllisiä, taloudellisia ja sosiaalisia positiivisia vaikutuksia ympäristöön ja ihmisiin, niin paikallisella tasolla kuin globaalistikin.

Kustannusten osalta vähenevän rajatuoton laki olisi aiheellista ottaa mukaan tarkasteluun. Kustannuspanosten ylimitoittaminen ei ole taloudellisesti kestävä. Tästä johtuen pohjatyö olisi tehtävä tarkkaan hankealueen ympäristötekijöiden ja käytettyjen puulajien osalta, mutta myös muut investoinnin riskeihin vaikuttavat osa-alueet, kuten sosioekonomiset tekijät, huomioiden. Kustannustehokkaan tuotto-panos-suhteen saavuttamiseksi olisi viljelyn osalta ymmärrettävä toiminnan lukuisia vuorovaikutussuhteita, tarkastella kustannuksia lyhyen aikavälin lisäksi koko viljelmän kiertoajalta, sekä kyetä mitoittamaan hankkeen tuottamia rahallisia, mutta myös ei-rahallisia hyötyjä. Eritoten hiilinieluun tähtäävässä metsänviljelyssä kuivalle alueelle perustetun metsänviljelmän todellinen hiilensidonta tulisi olla selvillä. St1:n Ben Gueririssa oleva neljän hehtaarin pilottiviljelmiä tutkii tämän Pro gradu -tutkielman ajankohtana useamman puulajin hiilensidontakykyjä, mutta laajemmillekin, kansainvälisiä hiilensidonta-arvoja kehittäväälle tutkimukselle olisi tarvetta. Kastelulla vahvistetun hiilinieluun tähtäävän metsäviljelmän perustaminen kuivalle alueelle on varsin mittava investointi. Jotta vastaaviin, todennäköisesti pääosin yksityissektoria kiinnostaviin suuriin taloudellisiin ponnisteluihin kannattaisi ryhtyä, tulisivat hiilensidonnan taloudelliset raamit olla selvillä. Kuivien alueiden metsien hiilinieluun tähtäävän viljelyn taloudellisen hyödyntämisen kannalta tämä tarkoittaisi, ei vain kansainvälisiä, vaan myös hiilinielujen sijainnin kannalta kansainväliset rajat rikkovia todenmukaisia hiilensidontamarkkinoita.

LÄHTEET

Baumer, M. 1983. Notes on trees and shrubs in arid and semi-arid regions: Emasar Phase II. Rome: FAO. 270 p.

Becker, K., Wulfmeyer, V., Berger, T., Gebel, J. ja Münch, W. 2013. Carbon farming in hot, dry coastal areas: An option for climate change mitigation. *Earth System Dynamics*, 4(2). 237 p.

Boland, D. ja McDonald, M. 2006. Forest trees of Australia. 5th ed. Collingwood, Victoria: CSIRO Pub. 736 p.

Boydak, M. ja Çalışkan, S. 2015. Afforestation in Arid and Semi-Arid Regions. Ministry of forestry and water affairs. Republic of Turkey. <http://www.cem.gov.tr> (haettu 4.10.2018)

Çalışkan, S. ja Boydak, M. 2017. Afforestation of arid and semiarid ecosystems in Turkey. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*. 41. pp. 317-330.

Çetin, B., Yazgan, S. ja Tipi, T. 2004. Economics of drip irrigation of olives in Turkey. *Agricultural Water Management*, 66(2), pp. 145-151.

Deininger, K., Byerlee, D., Lindsay, J., Norton, A., Selod, H., Stickler, M. 2011. Rising Global Interest in Farmland: Can it Yield Sustainable and Equitable Benefits?. *Agriculture and Rural Development*. World Bank. <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/2263> (haettu 5.9.2018)

Dutca, I., Abrudan, I. ja Blujdea, V. 2009. The Impact of Afforestation on Carbon Storage - A Review. *Bulletin of the Transilvania University of Brasov. Forestry, Wood Industry, Agricultural Food Engineering. Series II*, 2, pp. 13-18.

Erkkilä, A. 1989. Tropiikin kuivien alueiden metsänviljelymenetelmät ja niiden kehittämismahdollisuudet. Joensuu: Joensuun yliopisto.

Euroopan komissio 2011. Komission tiedonanto Euroopan parlamentille, neuvostolle, Euroopan talous- ja sosiaalikomitealle ja alueiden komitealle. Etenemissuunnitelma – siirtyminen kilpailukykyiseen vähähiiliseen talouteen vuonna 2050. 8.3.2011, Bryssel.

European Central Bank. 2018. Euro Foreign Exchange Reference Rates. <http://www.ecb.europa.eu/stats/eurofxref/> (haettu 4.12.2018)

Evans, J. & Turnbull, J. W. 2004. Plantation forestry in the tropics: The role, silviculture, and use of planted forests for industrial, social, environmental, and agroforestry purposes. 3rd ed. Oxford : New York: Oxford University Press. p 467.

FAO. 2009. Irrigation in the Middle East region in figures – AQUASTAT Survey 2008. FAO Water Report No. 34. Rome. 17 p.

FAO. 2010. Global Forest Resources Assessment 2010: Main Report. Rome. 340 p.

FAO. 2016a. Global Forest Resources Assessment 2015. How are the world's forests changing? Second Edition. Rome. 54 p.

FAO. 2016b. Trees, forests and land use in drylands. The first global assessment. Preliminary findings. Rome. 40 p.

FAO. 2018. The state of the world's forests 2018. Forest pathway to sustainable development. FAO Rome. 139 p.

FAO ja ITPS. 2015. Status of the World's Soil Resources (SWSR) – Main Report. Food and Agriculture Organization of the United Nations and Intergovernmental Technical Panel on Soils, Rome, Italy. 607 p.

Härkönen, S. 2001. Asiantuntijajärjestelmä viljelymetsien puulajivalintaan itäisessä ja eteläisessä Afrikassa. Joensuu: Joensuun yliopisto.

IPCC. 2013. Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. 1535 p.

IPCC. 2014. Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland. 151 p.

IPCC. 2018. Summary for Policymakers. In: Global warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty [V. Masson-Delmotte, P. Zhai, H. O. Pörtner, D. Roberts, J. Skea, P. R. Shukla, A. Pirani, W. Moufouma-Okia, C. Péan, R. Pidcock, S. Connors, J. B. R. Matthews, Y. Chen, X. Zhou, M. I. Gomis, E. Lonnoy, T. Maycock, M. Tignor, T. Waterfield (eds.)]. World Meteorological Organization, Geneva, Switzerland. 32 p.

Jalaskoski, T. 1995. Maghreb-maille soveltuvat metsänviljelymenetelmät. Joensuu: Joensuun yliopisto.

Jindal, R., Swallow B. ja Kerr J. 2008. Forestry-based carbon sequestration projects in Africa: Potential benefits and challenges. Natural Resources Forum, 32(2), pp. 116-130.

Kindt R., Osino D., Orwa C., Nzisa A., van Breugel P., Graudal, L., Lillesø, J.-P., Kehlenbeck, K., Dietz J., Nyabenge M., Jamnadass R. ja Neufeld, H. 2011. Useful tree species for Africa: interactive vegetation maps and species composition tables based on the Vegetation Map of Africa. World Agroforestry Centre, Nairobi. <http://www.worldagroforestry.org/resources/databases/agroforestree> (haettu 1.12.2018)

Kniveton D., Schmidt-Verkerk K., Smith C. ja Black R. 2008. Climate Change and Migration: Improving Methodologies to Estimate Flows. Unset. International Organization for Migration, Geneva. 68 p.

Luukkanen, O. 1984. Trooppisen metsänhoidon perusteet: Johdatus kehitysmaiden metsäekologiaan ja metsänhoitotieteeseen. Helsinki: Helsingin yliopiston metsänhoitotieteen laitos.

Luukkanen, O. 2006. Globaalit vastuut ja paikalliset vastaukset metsien käytössä. Päättäjien 21. Metsäakatemia. Majvik 8.5.2006, Etelä-Karjala 17.5.-19.5.2006.

Luukkanen, O. 2012. Maanalainen metsä avuksi ruuantuotantoon. Afrikan Sarvi. 1/2012. <http://afrikansarvi.fi/issue3/32-artikkeli/82-maanalainen-metsae-avuksi-ruuantuotantoon> (haettu 5.8.2018)

Malagnoux, M. 2007. Arid land forests of the world: global environmental perspectives. Paper presented to the International Conference on Afforestation and Sustainable Forests as a Means to Combat Desertification. Jerusalem, Israel. 14 p.

Methnani, M. 2007. Influence of fuel costs on seawater desalination options. Desalination, 205(1), pp. 332-339.

Middleton, N. & Thomas, D. 1997. World atlas of desertification. 2nd ed. London: Arnold. 182 p.

Millennium Ecosystem Assessment. 2005. Ecosystems and human well-being: Synthesis. Island Press, Washington, DC: World Resources Institute. 155 p

Morales-Hidalgo, D., Oswalt, S.N., Somanathan, E. 2015. Status and trends in global primary forest, protected areas, and areas designated for conservation of biodiversity from the Global Forest Resources Assessment 2015. Forest Ecology and Management 352: 68–77 p.

Ollikka, K. 2005. EU: N päästökauppajärjestelmän ja Kioton hankemekanismien yhdistäminen. Helsinki: Ympäristöministeriö.

Osman, K. 2013. Forest soils: Properties and management. Cham ; New York: Springer. 222 p.

Päivinen, J. 2011. Metsähallituksen metsätalouden ympäristöopas. 2. korj. p. Vantaa: Metsähallitus.

Raleigh, C., Jordan, L., & Salehyan, I. 2008. Assessing the Impact of Climate Change on Migration and Conflict. Social Development, The World Bank, Washington, DC. 49 p.

Rantala, S., Mustonen, M. & Katila, P. 2018. Metsät muuttuvassa maailmassa: : kansainväliset trendit ja keskeiset haasteet : Luonnonvarakeskuksen (Luke) ja Suomen ympäristökeskuksen (SYKE) taustaselvitys Kansainvälisen luonnonvarapolitiikan yhteistyöverkostolle. Helsinki: Luonnonvarakeskus.

Reij, C. ja Winterbottom, R. 2015. Scaling up greening: Six steps to success. A practical approach to forest landscape restoration. World Resources Institute. www.wri.org (haettu 5.9.2018)

Rollan, C., Li, R., San Juan, J., Dizon, L. ja Ong, K. 2018. A planning tool for tree species selection and planting schedule in forestation projects considering environmental and socio-economic benefits. Journal of Environmental Management, 206, pp. 319-329.

Siyag, P. 2014. Afforestation, reforestation and forest restoration in arid and semi-arid Tropics: A manual of technology & management. Dordrecht: Springer. 295 p.

UNCCD. 2017. Global Outlook (1st ed., Publication). Secretariat of the United Nations Convention to Combat Desertification, Bonn, Germany. 366 p.

U.S. Department of State. 2017. Annual Country Reports on Human Rights Practices for 2017. Bureau of Democracy, Human Rights and Labor. www.state.gov (haettu 4.12.2018)

Watson, R. T. 2000. Land use, land-use change, and forestry. Cambridge: CUP. 377 p.

LIIETTEET

Liite 1. (1/2)

Agroforestry Centren sekä Forest and Landscape Denmark, UNEP-GEF, Useful Tree Species for Africa, version 1.1 - työkalun lajilista Marokkoon soveltuvasta luontaisesti soveltuvasta kasvillisuudesta.

Lähde: Kindt ym. 2012

MAPPING UNIT 10a	Phillyrea angustifolia	Acer granatense
Abies pinsapo	Pinus halepensis	Acer monspessulanum
Acer monspessulanum	Pinus pinaster	Acer obtusatum
Adenocarpus bacquei	Pistacia lentiscus	Alnus glutinosa
Alnus glutinosa	Prunus avium	Asplenium adiantum-nigrum
Arbutus pavarii	Pteridium aquilinum	Betula pendula
Artemisia inculta	Pyrus bourgaeana	Buxus sempervirens
Asparagus acutifolius	Quercus coccifera	Carex capillaris
Buxus balearica	Quercus faginea	Carex ovalis
Calluna vulgaris	Quercus ilex	Cedrus atlantica
Carex distachya	Quercus pyrenaica	Crataegus laciniata
Carthamus fruticosus	Quercus suber	Crataegus monogyna
Cedrus atlantica	Retama monosperma	Cytisus villosus
Ceratonía siliqua	Rhamnus alaternus	Erica arborea
Chamaerops humilis	Rhamnus lycioides	Fraxinus dimorpha
Cistus crispus	Rhaponticum coniferum	Genista tricuspidata
Cistus incanus	Rosmarinus eriocalyx	Halimium atlanticum
Cistus populifolius	Rosmarinus officinalis	Hedera helix
Cistus salviifolius	Smilax aspera	Ilex aquifolium
Clematis cirrhosa	Taxus baccata	Juniperus thurifera
Crataegus monogyna	Teline monspessulana	Lonicera arborea
Cupressus atlantica	Tetraclinis articulata	Luzula forsteri
Cupressus sempervirens	Teucrium fruticans	Osmunda regalis
Cytisus maurus	Teucrium polium	Paeonia mascula
Cytisus villosus	Withania frutescens	Populus tremula
Dactylis glomerata	Clematis flammula	Prunus avium
Dioscorea communis	Echium boissieri	Prunus padus
Ebenus pinnata	Ferula communis	Prunus prostrata
Ephedra altissima	Foeniculum vulgare	Pteridium aquilinum
Ephedra fragilis	Myrtus communis	Quercus afares
Erica arborea	Pistacia atlantica	Quercus faginea
Erica umbellata	Ziziphus lotus	Quercus ilex
Eryngium tricuspidatum	MAPPING UNIT 10b	Quercus pyrenaica
Fraxinus dimorpha	Ceratonía siliqua	Quercus suber
Genista myriantha	Olea europaea	Salix atrocinerea
Globularia alypum	Arbutus pavarii	Solidago virgaurea
Halimium calycinum	Cupressus sempervirens	Sorbus aria
Halimium lasiocalycinum	Juniperus oxycedrus	Sorbus domestica
Hedera helix	Juniperus phoenicea	Sorbus torminalis
Helianthemum canariense	Laurus nobilis	Taxus baccata
Ilex aquifolium	Phillyrea angustifolia	Arbutus pavarii
Jasminum fruticans	Pinus halepensis	Chamaerops humilis
Juniperus oxycedrus	Pistacia atlantica	Clematis flammula
Juniperus phoenicea	Pistacia lentiscus	Echium boissieri
Juniperus thurifera	Quercus coccifera	Ferula communis
Lavandula dentata	Quercus ilex	Foeniculum vulgare
Lavandula multifida	MAPPING UNIT 23 (1/2)	Jasminum fruticans
Lycium intricatum	Abies numidica	Myrtus communis
Olea europaea	Abies pinsapo	Olea europaea
Periploca angustifolia	Acer campestre	Phillyrea angustifolia

Liite 1. (2/2)

MAPPING UNIT 23 (2/2) Pistacia atlantica Pistacia lentiscus Quercus coccifera Rhamnus lycioides Rhus pentaphylla Teucrium fruticans Ziziphus lotus	Maytenus senegalensis Olea europaea Periploca angustifolia Phillyrea angustifolia Pistacia lentiscus Rhus pentaphylla Stipagrostis pungens Tetralinis articulata Ziziphus lotus	MAPPING UNIT 78 Acacia karroo Arundo donax Olea europaea Ziziphus lotus Ferula communis Pinus halepensis
MAPPING UNIT 49 Argania spinosa Olea europaea Ziziphus lotus Acacia gummifera Aizoon canariense Asparagus pastorianus Asphodelus tenuifolius Chamaecytisus mollis Cistanche phelypaea Clematis cirrhosa Cynomorium coccineum Ephedra altissima Euphorbia echinus Euphorbia officinarum Euphorbia regis-jubae Fagonia cretica Genista ferox Helianthemum canariense Hesperolaburnum platycarpum Kleinia anteuphorbium Launaea arborescens Lavandula dentata Lavandula multifida Lycium intricatum Periploca angustifolia Pistacia atlantica Pistacia lentiscus Rhamnus lycioides Rhus oxyacantha Rhus pentaphylla Suaeda vermiculata Withania frutescens	MAPPING UNIT 71 Acacia ehrenbergiana Acacia nilotica Acacia tortilis Balanites aegyptiaca Calotropis procera Capparis decidua Faidherbia albida Hyphaene thebaica Leptadenia pyrotechnica Maerua crassifolia Populus euphratica Salvadora persica Ziziphus lotus Ziziphus mauritiana Aerva javanica Anastatica hierochuntica Calligonum polygonoides Chrozophora brocchiana Cornulaca monacantha Cymbopogon schoenanthus Enneapogon desvauxii Farsetia aegyptia Forsskaolea tenacissima Helianthemum kahiricum Hyoscyamus muticus Lavandula coronopifolia Morandia arvensis Nerium oleander Panicum turgidum Psoralea plicata Salvia aegyptiaca Stipagrostis plumosa Stipagrostis pungens Tamarix articulata Tamarix gallica Vitex agnus-castus Zilla spinosa	MAPPING UNIT 79 Acacia saligna Ziziphus lotus Acacia gummifera Pinus halepensis Quercus ilex Retama monosperma
MAPPING UNIT 55 Acacia gummifera Argania spinosa Ceratonia siliqua Chamaerops humilis Euphorbia officinarum Euphorbia regis-jubae Euphorbia resinifera Kleinia anteuphorbium	MAPPING UNIT 73b Phoenix dactylifera	

Liite 2 (1/5)

Metsän perustamisen työvaiheiden ja toimenpiteiden runko sekä henkilötyöpäivinä arvoitetut kustannukset vuositasaottain, ajanjaksolla 0-5 vuotta.

Lähdeaineistossa käytetyn kuivan alueen metsittämisen toimenpidemalli, Rehabilitation of Degraded Forests (RDF-400), joka käsittää metsän perustamisen työvaiheet istutustiheydellä 400 puuta hehtaaria kohden. Lähde: Siyag (2014)

Table 7.5 Year-wise model cost estimate for RDF-400

Table 7.5 Year-wise model cost estimate for RDR-400							
Item No.	Item specifications	Unit	Quantity	Required man-days			Material (mdeq)
				US	SS	SK	
Year-1: Fencing and advance work							
Part-1: Survey and planning							
1-1	Carrying out, in field, chain and compass survey to an accuracy of 2 % (area survey), including line-cutting on ground through growth of shrubs, etc., plotting the site plan on graph sheet or butter paper or drawing sheet and calculating area in hilly or rugged terrain, having open undergrowth of thorns and shrubs	ha	50	6	1	2	2
1-2	Demarcation of the boundaries of site with masonry pillars or monoliths or iron angles or wooden pegs 75 cm long, with 45 cm firmly fixed in ground and rest painted in enamel in red over top 6 cm and in white over lower 15 cm, and serially marked with letters A, B, C, etc., along with relevant distances and bearings as per the field book	ha	50	5	1	1	30
1-3	Detailed topographic survey of area with a contour interval of 2.5 m vertical, including preparation of topo-maps showing prominent relief features, drainage lines, and streams, using dumpy level or theodolite, in hilly or rugged terrain or ravines with open undergrowth of thorns or shrubs	ha	50	21	5	6	5
1-4	Preparation of detailed treatment plan on the basis of topographic map and soil-depth test-pits and other field observations, including treatment map drawn on 1:5,000 scale, with a table indicating the estimated quantity of each item of work	ha	50	6	1	2	5
1-5	Clearing of bush, shrubs, grass, weeds, or other unwanted obstructing vegetation in way of fence-lines, in hilly or rugged terrain with open undergrowth of shrubs or thorns	m ²	3,000	15			
1-6	Aligning of keylines for fence running from one survey station to another, where ground vegetation has already been cleared, indicating width of fence wall, including marking such alignment with whitewash or other visible and lasting impression	m	3,000	12	3		2
1-7	Surveying of contour lines in field to an accuracy of 2 cm vertical per 10 m horizontal, using the hydrostatic contour level or dumpy level or theodolite, including firm marking of lines with whitewash or other visible and lasting impression	m	30,000	120	30		10
1-8	Aligning of pits in between contour lines already marked in field, and marking of such alignment on ground with whitewash or other means of visible and lasting impression	nos.	20,000	80	20		5
1-9	Aligning in field, the locations of loose-stone check dams in streams, using hydrostatic contour level or dumpy level or theodolite, and marking such alignment with whitewash or other visible and lasting impression	nos.	50	20	5	5	2

7.2 Model Treatment Plans

173

Liite 2 (2/5).

Metsän perustamisen työvaiheiden ja toimenpiteiden runko sekä henkilötyöpäivinä arvoitetut kustannukset vuositasoittain, ajanjaksolla 0-5 vuotta.

Table 7.5 (continued)

Item No.	Item specifications	Unit	Quantity	Required man-days			Material (mdeq)
				US	SS	SK	
Subtotal of survey and marking				285	66	16	61
Part-2: Work execution							
1-10	Raising of plants, in temporary nursery at site, of the following species having height not less than 50 cm and age 4–5 months, including 20 % extra to account for casualties in transit and for beating up:						
	(a) <i>Butea monosperma</i>	nos.	6,000	96	7	73	
	(b) <i>Zyzyphus mauritiana</i>	nos.	6,000	96	7	73	
	(c) <i>Acacia nilotica</i>	nos.	2,400	38	3	29	
	(d) <i>Cordia gharaf</i>	nos.	6,000	96	7	73	
	(e) <i>Holoptelia integrifolia</i>	nos.	3,600	58	4	44	
1-11	Laying of dry-stone masonry in wall for fence with compact and interlocked structure and high stability, volume of voids not exceeding 20 % of total volume, having suitable provision for drainage where required, using stones of irregular shape as available at site, where stones have to be collected and fetched from an average distance of 100 m, and the wall is of standard section SW-1	m	3,000	2,520			
1-12	Topping fence wall with locally available clay or clay-gravel mixture, including excavation of material and spreading a layer of 7.5 cm average thickness, so as to stabilise top layer of stones against falling, where wall is of standard section SW-1	m	3,000	120			
1-13	Excavation of trench of 30 × 30 cm section, running parallel to wall at 0.50 m distance, including forming the excavated soil into a continuous bund along edge of trench, where soil is of hardness class:						
	(a) S1, S2, or S3	m	500	20			
	(b) S4, S5, or S6	m	2,500	100			
1-14	Excavation of contour trench on alignment already marked in field, including forming of excavated soil into a bund all along the edge of the trench, the trench being of standard section CT-1, where soil is of hardness class:						
	(a) S3	m	7,500	338			
	(b) S4	m	15,000	900			
	(c) S5	m	7,500	675			

Table 7.5 (continued)

Item No.	Item specifications	Unit	Quantity	Required man-days			Material (mdeq)
				US	SS	SK	
1-15	Fabrication and fixing of gate of 2 panels of size 1.5 × 1.5 m, made of locally available wooden posts, thorns, and old barbed-wire pieces, the gate having sufficient strength and stability to last 5 years	nos.	1	5			3
1-16	Preparation of motorable inspection path in plantation area, 3 m wide, where feasible, including clearing of shrubs, levelling pits, and removal of large boulders, etc., and marking its borders with whitewashed stones or boulders kept at 2 m interval	m ²	4,500	99			1
1-17	Fabrication and erection or fixing of signboard, indicating name and area of the plantation, on two prominent locations, one of these being at the entrance gate	nos.	2	2			20
1-18	Provision for maintenance of tools of excavation used by workers, such as sharpening of pickaxes, replacement of broken handles, etc.		Pro rata		40		2
1-19	Provision for basic amenities to the workers such as drinking water, crèche services, medical first-aid, shade for resting, etc. (approx. 5 % of unskilled man-days)		Pro rata	125			125
1-20	Unforeseen and contingency expenditure (approx. 5 % of total)		Lump sum	248	4	4	19
<i>Total for Year-1</i>				5,820	70	90	525
<i>Year-2: Planting year</i>							
2-1	Maintenance of following plants, in temporary nursery at site, of the following species to get height not less than 50 cm, and of age 4–5 months, including 20 % extra to account for casualties in transit and for beating up operation:						
	(a) <i>Butea monosperma</i>	nos.	6,000	66			20
	(b) <i>Zyzyphus mauritiana</i>	nos.	6,000	66			20
	(c) <i>Acacia nilotica</i>	nos.	2,400	26			8
	(d) <i>Cordia gharaf</i>	nos.	6,000	66			20
	(e) <i>Holoptelia integrifolia</i>	nos.	3,600	40			12
2-2	Excavation of pits on alignment already marked in field, including heaping excavated soil into a mound along the edge of pit on lower side after separating stones larger than 5 cm size, pits being of standard size P-3, and soil of hardness class:						
	(a) S3	nos.	5,000	265			
	(b) S4	nos.	10,000	700			
	(c) S5	nos.	5,000	520			

174

7 Costing and Estimation of Works

7.2 Model Treatment Plans

175

Liite 2 (3/5).

Metsän perustamisen työvaiheiden ja toimenpiteiden runko sekä henkilötyöpäivinä arvoitetut kustannukset vuositasaottain, ajanjaksolla 0-5 vuotta.

Table 7.5 (continued)

Item No.	Item specifications	Unit	Quantity	Required man-days			Material (mdeq)
				US	SS	SK	
2-3	Construction of loose-stone check dams, including laying humus, litter, and clay on upstream surface to make it impervious, and pitching downstream in loose stones over a distance of 5 m in 30 cm thickness, where stones have to be collected and fetched from an average distance of 100 m	m ³	750	600			
2-4	Making of saucers around regenerating young plants, 1 m in diameter with crescent-shaped ridge on downside, with orientation of ridge opening looking up the slope, base of ridge being 35 cm wide, and mid-ridge height being 25 cm, where						
	(a) Soil is of hardness class S-1, S-2, or S-3	nos.	1,000	10			
	(b) Soil is of hardness class S-4 or S-5	nos.	500	6			
2-5	Procurement of seeds of superior quality from plus trees of the following species to be sown on keylines:						
	(a) <i>Acacia senegal</i>	kg	17				25
	(b) <i>Zyzyphus nummularia</i>	kg	35				8
	(c) <i>Acacia leucophloea</i>	kg	3				2
2-6	Sowing in field						
	Sowing of seeds on bunds of contour trenches and the trench along the fence, in two parallel lines and with equal spacing of 15 cm between two seeds by dibbling seeds directly into soil, of the following species:						
	(a) <i>Acacia senegal</i>	r-m	25,000	38			
	(b) <i>Zyzyphus nummularia</i>	r-m	25,000	38			
	(c) <i>Acacia leucophloea</i>	r-m	16,000	24			
2-7	Sowing of seeds of the following species in notches made in cracks in rocks or other pockets of soil available in rocky terrain, including making a 6 in. deep and wide notch and dibbling the seed into the soil:						
	(a) <i>Acacia senegal</i>	nos.	10,000	40			
	(b) <i>Prosopis juliflora</i>	nos.	10,000	40			
2-8	Loading of plants in polypots into animal-drawn vehicle such as bullock or camel cart, while taking care to avoid shock or damage to plants, with a horizontal lead not exceeding 30 m, the polypots being of size 12 × 30 cm	nos.	24,000	19			

Table 7.5 (continued)

Item No.	Item specifications	Unit	Quantity	Required man-days			Material (mdeq)
				US	SS	SK	
2-9	Transporting plants in polypots, excluding loading and unloading, using animal-drawn carts, such as bullock or camel carts, over an average distance of 2 km, the polypots being of size 12 × 30 cm	nos.	24,000			31	
2-10	Unloading of plants in polypots from animal-drawn vehicle like bullock or camel cart, while taking care to avoid shock or damage to plants, and stacking these at site, with a horizontal lead not exceeding 30 m, polypots being of size 12 × 30 cm	nos.	24,000	19			
2-11	Planting seedlings in field, including local transportation over a distance up to 500 m, treatment of pit with pesticide, and refilling of pit with soil after removal of pebbles, etc., and collection and disposal of waste polypots in						
	(a) Flat and slightly undulating or rolling terrain, when polypots are of size 12 × 30 cm	nos.	10,000	120			
	(b) Hilly or rugged terrain or ravines, when polypots are of size 12 × 30 cm	nos.	10,000	180			
2-12	Making of saucers around plants, 1 m in diameter with crescent-shaped ridge on downside, with orientation of ridge-opening looking up slope so as to arrest water, the base of ridge being 35 cm wide, and mid-ridge height being 25 cm, where soil is of hardness class:						
	(a) S-1, S-2, or S-3	nos.	5,000	50			
	(b) S-4, S-5, or S-6	nos.	15,000	180			
2-13	First weeding: 30 days from planting						
	Removal of weeds growing within saucers around plants, including digging out roots of weeds with a hoe or a rake, and collection and disposal of such roots and weeds, where the soil is of standard soil hardness class:						
	(a) S1, S2, or S3	nos.	5,000	30			
	(b) S4, S5, or S6	nos.	15,000	150			
2-14	Second weeding: 60 days after planting						
	Removal of weeds growing within saucers around plants, including digging out roots of weeds with a hoe or a rake, and collection and disposal of such roots and weeds, where the soil is of hardness class:						
	(a) S1, S2, or S3	nos.	5,000	30			
	(b) S4, S5, or S6	nos.	15,000	150			

176

7 Costing and Estimation of Works

7.2 Model Treatment Plans

177

Liite 2 (4/5).

Metsän perustamisen työvaiheiden ja toimenpiteiden runko sekä henkilötyöpäivinä arvoitetut kustannukset vuositasoittain, ajanjaksolla 0-5 vuotta.

Table 7.5 (continued)

Item No.	Item specifications	Unit	Quantity	Required man-days			Material (mdeq)
				US	SS	SK	
2-15	First weeding on keylines: 30 days Removal of weeds growing around seedlings on bunds of trenches, etc., including digging out roots of weeds with a hoe or a rake and collection and disposal of such roots and weeds, where soil is of hardness class: (a) S1, S2, or S3 (b) S4, S5, or S6	m m	7,500 22,500	38 203			
2-16	Second weeding on sowing: 15 days from rains Removal of weeds growing around the seedlings on bunds of trenches, etc., including digging out roots of weeds with a hoe or a rake and collection and disposal of such roots and weeds, where the soil is of hardness class: (a) S1, S2, or S3 (b) S4, S5, or S6	m m	7,500 22,500	38 203			
2-17	Hoeing in plants: 15 days after last rains Hoeing in saucers around plants, including digging soil with hoe or pickaxe to a depth of 15 cm, breaking clods or crusts and spreading out soil over floor of the saucers, and repairing ridge of the saucers if damaged, where soil is of hardness class: (a) S1, S2, or S-3 (b) S4, S-5, or S-6	nos. nos. m ³	5,000 15,000 100	35 180 55			
2-18	Repair of dry-stone fence wall by laying it only for the portion that has fallen, that is, without pulling down the entire wall, wherever found broken, including topping it with locally excavated clay or earth						
2-19	Provision for maintenance of tools of excavation used by workers, such as sharpening of pickaxes, replacement of broken handles, etc.		Pro rata		25		1
2-20	Provision for basic amenities to the workers such as drinking water, crèche services, medical first-aid, shade for resting, etc. (approx. 5 % of unskilled man-days)		Pro rata	110			110
2-21	Procurement and application of pesticides to check damage by termites, etc.		Pro rata	50			250
2-22	Watch and ward to protect young plants from damage by livestock	md	270	270			
2-23	Contingent and unforeseen expenditure (approx. 5 % of total)		Lump sum	228	4		23

178

7 Costing and Estimation of Works

Table 7.5 (continued)

Item No.	Item specifications	Unit	Quantity	Required man-days			Material (mdeq)
				US	SS	SK	
Total for Year-2				4,880	0	60	500
Year-3: Maintenance year							
3-1	Weeding: 45 days after first rains Removal of weeds growing within saucers around plants, including digging out roots of weeds with a hoe or a rake, and collection and disposal of such roots and weeds, where soil is of hardness class: (a) S1, S2, or S3 (b) S4, S5, or S6	nos. nos.	5,000 15,000	30 150			
3-2	Weeding on keylines: 45 days Removal of weeds growing around the seedlings on bunds of trenches, etc., including digging out roots of weeds with a hoe or a rake, and collection and disposal of such roots and weeds, where soil is of hardness class: (a) S1, S2, or S3 (b) S4, S5, or S6	m m	7,500 22,500	38 203			
3-3	Hoeing in plants: 15 days after last rains Hoeing in saucers around plants, including digging soil with hoe or pickaxe to a depth of 15 cm, breaking the clods or crusts and spreading out the soil over floor of the sausage, and repairing the ridge of the saucers if damaged, where soil is of hardness class: (a) S1, S2, or S-3 (b) S4, S-5, or S-6	nos. nos. m ³	5,000 15,000 100	35 180 55			
3-4	Repair of dry-stone fence wall by laying it only for the portion that has fallen, that is, without pulling down the entire wall, wherever found broken, including topping it with locally excavated clay or earth						
3-5	Provision for maintenance of tools of excavation used by workers, such as sharpening of picks and hoes, replacement of broken handles, etc.	Pro rata			8		
3-6	Provision for basic amenities to the workers such as drinking water, crèche services, medical first-aid, shade for resting, etc. (approx. 5 % of unskilled man-days)	Pro rata		25			25

7.2 Model Treatment Plans

179

Liite 2 (5/5).

Metsän perustamisen työvaiheiden ja toimenpiteiden runko sekä henkilötyöpäivinä arvoitetut kustannukset vuositasoittain, ajanjaksolla 0-5 vuotta.

Table 7.5 (continued)

Item No.	Item specifications	Unit	Quantity	Required man-days			Material (mdeq)
				US	SS	SK	
3-7	Watch and ward to protect young plants from damage by livestock	md	365	365			
3-8	Contingent and unforeseen expenditure (approx. 5 % of total)		Lump sum	50			1
<i>Total for Year-3</i>				1130	0	8	26
<i>Year-4: Maintenance</i>							
4-1	Weeding: 45 days after first rains						
	Removal of weeds growing within saucers around plants, including digging out roots of weeds with a hoe or a rake, and collection and disposal of such roots and weeds, where soil is of hardness class:						
	(a) S1, S2, or S3	nos.	5,000	30			
	(b) S4, S5, or S6	nos.	15,000	150			
4-2	Weeding on keylines: 45 days						
	Removal of weeds growing around the seedlings on bunds of trenches, etc., including digging out roots of weeds with a hoe or a rake, collection and disposal of such roots and weeds, where soil is of hardness class:						
	(a) S1, S2, or S3	m	7,500	38			
	(b) S4, S5, or S6	m	22,500	203			
4-3	Hoeing in plants: 15 days after last rains						
	Hoeing in saucers around plants, including digging soil with hoe or pickaxe to a depth of 15 cm, breaking clods or crusts and spreading out the soil over floor of the sausage, and repairing the ridge of the saucers if damaged, where soil is of hardness class:						
	(a) S1, S2, or S-3	nos.	5,000	35			
	(b) S4, S-5, or S-6	nos.	15,000	180			
4-4	Repair of dry-stone fence wall by laying it only for the portion that has fallen, that is, without pulling down the entire wall, wherever found broken, including topping it with locally excavated clay or earth	m ³	100	55			
4-5	Provision for maintenance of tools of excavation used by workers, such as sharpening of picks and hoes, replacement of broken handles, etc.		Pro rata		8		

Table 7.5 (continued)

Item No.	Item specifications	Unit	Quantity	Required man-days			Material (mdeq)
				US	SS	SK	
4-6	Provision for basic amenities to the workers such as drinking water, crèche services, medical first-aid, shade for resting, etc. (approx. 5 % of unskilled man-days)		Pro rata	25			25
4-7	Watch and ward to protect young plants from damage by livestock	md	365	365			
4-8	Contingent and unforeseen expenditure (approx. 5 % of total)		Lump sum	50			1
<i>Total for Year-4</i>				1130	0	8	26
<i>Year-5: Last maintenance year</i>							
5-1	Watch and ward to protect young plants from damage by livestock	md	365	365			
5-2	Repair of dry-stone fence wall by laying it only for the portion that has fallen, that is, without pulling down the entire wall, wherever found broken, including topping it with locally excavated clay or earth	m ³	100	55			
5-3	Contingent and unforeseen expenditure (approx. 5 % of total)		Lump sum	20			
<i>Total for Year-5</i>				440	0	0	0
<i>Grand total for 5 Years</i>				13400	70	166	1077
<i>Total cost per hectare (5 years)</i>				268	1	3	22

US unskilled, SS semi-skilled, SK skilled, mdeq man-day equivalent

180

7 Costing and Estimation of Works

7.2 Model Treatment Plans

181

Liite 3 (1/5).

Työvaihekohtaiset kustannuskertoimet pinnanmuotojen, maaperän kovuusluokan, rakennustöiden, materiaalin sijainnin ja kuljetusetäisyyksien mukaan.

Lähde: Siyag 2014

1.	Survey and demarcation	Unit	Hilly	Flat
	Survey demarcation and other preparation work	mdeq/ha	2,5000	2,0800
	Clearing of bush, or other unwanted obstructing vegetation in way of fence-lines	mdeq/m ²	0,0050	0,0050
	Aligning of keylines for fence running from one survey station to another	mdeq/m	0,0062	0,0062
	Surveying of contour lines in field	mdeq/m	0,0058	0,0058
	Aligning of pits in between contour lines already marked in field	nos	0,0058	0,0058
	Other alligning work on hilly area(LSCD etc)	nos	0,8900	0,8900

2.1	Stonewall (mdeq/m)	Stone average distance (m)			Cleaved	Quarried		
		0m	100m	100-250m	over 50%	Over 50%		
	SW1	0,46	0,88	0,97	1,12	1,72		
	SW2	0,61	1,17	1,3	1,5	2,3		
	SW3	0,47	0,84	0,92	1,07	1,54		
2.2	Ditch bund (mdeq/m)	Required man-days, Soil hardness class						
		S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7
	DB1	0,45	0,5	0,56	0,75	1,12	2,25	4,5
	DB2	0,58	0,64	0,72	0,96	1,44	2,88	5,76
	DB3	0,65	0,72	0,81	1,08	1,62	3,24	6,48
2.3*	Trench (mdeq/m)	Required man-days, Soil hardness class						
		S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7
	30 x 30 cm	0.04	0.04	0.04	0.09	0.09	0.09	-

3.1	Nursery work (mdeq/plant)	mdeq/plant
	Raising of plants in temporary nursery on site, production capacity varying from 100.000 plants to 300.000 plants, depending on species selected	0,031666667

Liite 3 (2/5).

4.1	Contour trench (mdeq/m)	Required man-days, Soil hardness class											
		S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7					
	CT1	0,036	0,04	0,045	0,06	0,09	0,18	-					
	CT2	0,049	0,054	0,061	0,082	0,122	0,245	-					
	CT3	0,081	0,09	0,101	0,135	0,202	0,405	0,81					
4.2	V-Ditch (mdeq/m)	Required man-days, Soil hardness class											
		S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7					
	VD1	0,072	0,08	0,09	0,12	0,18	0,36	0,72					
	VD2	0,108	0,12	0,135	0,18	0,27	0,54	-					
4.3	Pits (mdeq/m)	Required man-days, Soil hardness class											
		S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7					
	P1	0,02	0,022	0,025	0,033	0,049	0,099	-					
	P2	0,043	0,047	0,053	0,07	0,104	0,21	0,418					
	P3	0,043	0,047	0,053	0,07	0,104	0,21	0,418					
	P4	0,058	0,064	0,073	0,096	0,143	0,288	0,574					
	P5	0,101	0,111	0,126	0,166	0,247	0,498	0,992					
	P6	0,262	0,288	0,328	0,433	0,642	1,298	2,583					
4.4	CD (mdeq/m³)	Stone average distance (m)			Cleaved	Quarried							
		0m	100	100-250	over 50%	Over 50%							
	CD1	0,28	0,38	0,4	0,45	0,58							
	CD2	0,38	0,51	0,54	0,6	0,78							
4.5	Bench terrace (mdeq/m)	Slope 15%		Slope 20%		Slope 25%							
	BT	S4	S5	S4	S5	S4	S5						
		0,67	1	1	1,5	1,3	1,95						
4.6	Gradoni(mdeq/m)	Slope 10%			Slope 15%			Slope 20%			Slope 25%		
	Soil hardness class	S3	S4	S5	S3	S4	S5	S3	S4	S5	S3	S4	S5
	GD	0,2	0,2	0,4	0,3	0,4	0,5	0,4	0,48	0,7	0,5	0,6	0,9
4.7	Contour Bund (mdeq/m)	Required man-days, Soil hardness class											
		S1	S2	S3	S4	S5							
	CB1	0,33	0,33	0,33	0,59	0,59							
	CB2	0,41	0,41	0,41	0,74	0,74							
	CB3	0,57	0,57	0,57	1,02	1,02							
	CB4	0,69	0,69	0,69	1,25	1,25							
	CB5	0,97	0,97	0,97	1,74	1,74							
4.8	Loose-stone check dams (mdeq/m³)	Stone average distance (m)			Cleaved	Quarried							
		0m	100	100-250	over 50%	Over 50%							
	LSCD	0,4	0,8	1	1,12	1,65							
4.9	Saucer (mdeq/nos.)	Required man-days, Soil hardness class											
		S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7					
	Saucer	0,01	0,01	0,01	0,012	0,012	0,015	0,015					

Liite 3 (3/5).

5.1	Sowing on Bunds, V-ditch or DB (mdeq/m)	mdeq/m
	By dibbling clean seeds into soil (mdeq/m)	0,0015
	By dibbling of pelleted seeds (mdeq/m)	0,0025
	Sowing of seeds Bunds, V-ditch or DB(mdeq/nos.)	mdeq/nos
	Sowing of seeds using a pipe (mdeq/nos.)	0,004
	Sowing of seeds in notches (mdeq/nos.)	0,004
	Sowing of seeds directly in polypots on Bunds, V-ditch or DB (mdeq/nos.)	Md/nos.
	Clean seeds requiring no treatment	0,0004
	Clean seeds after treatment in hot or cold water or acid	0,0005
	Including breaking of pods and extracting seeds from pods and sowing these	0,0012
	Breaking of seed coats and extracting kernels and sowing these	0,0018
6.1	Planting of seedlings	
	Polypot Size 7 x 20 cm	mdeq/nos.
	Flat and slightly undulating or rolling terrain	0,006
	Hilly or rugged terrain or ravines or sand dunes	0,009
	Polypot size 10 x 25 cm	mdeq/nos.
	Flat and slightly undulating or rolling terrain	0,008
	Hilly or rugged terrain or ravines or sand dunes	0,012
	Polypot size 12 x 30 cm	mdeq/nos.
	Flat and slightly undulating or rolling terrain	0,012
	Hilly or rugged terrain or ravines or sand dunes	0,018
	Polypot size 20 x 40 cm	mdeq/nos.
	Flat and slightly undulating or rolling terrain	0,025
	Hilly or rugged terrain or ravines or sand dunes	0,035
	Average cost per plant on flat terrain	0,01275
	Average cost per plant on hilly terrain	0,0185

Liite 3 (4/5).

6.2	Loading of plants in polypots into animal-drawn vehicle (mdeq/nos.)	0,0008					
6.3	Plant transportation	Polypot size					
	Transporting plants in polypots	7 x 20 cm	10 x 25 cm	12 x 30 cm	20 x 40 cm	Extractors: 20 dia. X 40 ht	Extractors: 25 dia. X 45 ht
	Average distance	mdeq/ nos	mdeq /nos	mdeq /nos	mdeq /nos	mdeq/nos	mdeq/nos
	1km	0,0006	0,002	0,003	0,011	0,0267	0,0471
	2km	0,0009	0,002	0,004	0,014	0,0351	0,0618
	5km	0,0015	0,004	0,007	0,024	0,06	0,1053
6.4	Unloading of plants in polypots from animal-drawn vehicle (mdeq/nos.)	0,0008					
6.5	Plant transportation, transporting plants in polypots, including unloading at site, using manual head-load	Polypot size					
		7 x 25 cm	10 x 25 cm	12 x 30 cm	20 x 40 cm	Extractors: 20 dia. 40 ht	Extractors: 25 dia. 45 ht
	Average distance	mdeq/ nos	mdeq /nos	mdeq /nos	mdeq /nos	mdeq/nos	mdeq/nos
	0,1	0,0006	0,002	0,003	0,01	0,024	0,0422
	0,3	0,0009	0,002	0,004	0,015	0,0377	0,0663
	0,5	0,0013	0,003	0,006	0,021	0,0514	-
	Average cost per average size plant of transportation using animal drawn vehicle, including uploading and unloading polypots into/from vehicle (mdeq/nos)						0,02275
	Average cost of plant transportation using manual head-load, including unloading at site (mdeq/nos)						0,0170412
	6.1-6.5 Summary	Cost per planting, animal drawn and manual head-loaded transportation included, on flat terrain	mdeq/ nos	0,053			
Cost per planting, animal drawn and manual head-load transportation included, on hilly terrain		mdeq/ nos	0,058				

Liite 3 (5/5).

7	Weeding	Unit	Required man-days, Soil hardness class					
			S1	S2	S3	S4	S5	S6
	Removal of weeds growing within saucers	mdeq/nos	0,006	0,006	0,006	0,01	0,01	0,01
	Removal of weeds growing around seedlings on bunds of trenches, etc.	mdeq/m	0,005	0,005	0,005	0,009	0,009	0,009
	Removal of weeds in 45 cm diameter around seedlings germinated from sowings in notches	mdeq/nos	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002
	Hoeing in saucers around plants, including digging soil with hoe to a depth of 15 cm	mdeq/nos	0,007	0,007	0,007	0,012	0,012	0,012
	Provision for maintenance of tools of excavation used by workers	mdeq/ha	0,48					
	Provision for basic amenities to the workers such as drinking water, crèche services,	mdeq/ha	1					
	Watch and ward to protect young plants from damage by livestock	mdeq/year	365					
	Watch and ward total , starting from year 2 and lasting untill the end of year 5	mdeq	1365					
	Contingent and unforeseen expenditure (approx. 5% of total)	5% of year total	0,05					